

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年2月21日 (21.02.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/15208 A1

(51) 国際特許分類⁷:

H01G 9/042, 9/052

(74) 代理人: 弁理士 大家邦久, 外(OHIE, Kunihisa et al.); 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2丁目2番6号 堀口第2ビル7階 大家特許事務所 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP01/06857

(22) 国際出願日:

2001年8月9日 (09.08.2001)

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願2000-243486 2000年8月10日 (10.08.2000) JP
特願2000-384720

2000年12月19日 (19.12.2000) JP

特願2001-65852 2001年3月9日 (09.03.2001) JP

特願2001-174018 2001年6月8日 (08.06.2001) JP

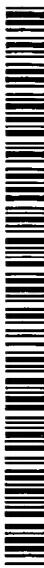
(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) 出願人: 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.)
[JP/JP]; 〒105-8518 東京都港区芝大門1丁目13番9号
Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(72) 発明者: 大森和弘 (OMORI, Kazuhiro). 内藤一美
(NAITO, Kazumi); 〒267-0056 千葉県千葉市緑区大
野台一丁目1番1号 昭和電工株式会社 総合研究所内
Chiba (JP).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイドスノート」を参照。



WO 02/15208 A1 (54) Title: NIOBIUM POWDER, SINTER THEREOF, AND CAPACITOR EMPLOYING THE SAME

(54) 発明の名称: ニオブ粉、その焼結体及びそれを用いたコンデンサ

(57) Abstract: A niobium powder containing at least one element selected from the group consisting of chromium, molybdenum, tungsten, boron, aluminum, gallium, indium, thallium, cerium, neodymium, titanium, rhenium, ruthenium, rhodium, palladium, silver, zinc, silicon, germanium, tin, phosphorus, arsenic, bismuth, rubidium, cesium, magnesium, strontium, barium, scandium, yttrium, lanthanum, praseodymium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium, hafnium, vanadium, osmium, iridium, platinum, gold, cadmium, silver, lead, selenium, and tellurium; a sinter of the niobium powder; and a capacitor which comprises the sinter serving as one electrode, a dielectric formed on the sinter, and the other electrode disposed on the dielectric.

[統葉有]



(57) 要約:

クロム、モリブデン、タングステン、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ピスマス、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含むニオブ粉、そのニオブ粉の焼結体、及びその焼結体を一方の電極とし、前記焼結体表面上に形成された誘電体と、前記誘電体上に設けられた他方の電極とから構成されるコンデンサ。

明細書

ニオブ粉、その焼結体及びそれを用いたコンデンサ

5 技術分野

本発明は、単位質量当たりの容量が大きく、漏れ電流特性の良好なコンデンサを製造することができるニオブ粉、それを用いた焼結体、及びその焼結体を用いたコンデンサに関する。

10 背景技術

携帯電話やパーソナルコンピュータ等の電子機器に使用されるコンデンサは、小型で大容量のものが望まれている。このようなコンデンサの中でもタンタルコンデンサは大きさの割には容量が大きく、しかも性能が良好なため、好んで使用されている。このタンタルコンデンサの陽極体として、一般的に15 タンタル粉の焼結体が使用されている。これらタンタルコンデンサの容量を上げるためには、焼結体質量を増大させるか、または、タンタル粉を微粉化して表面積を増加させた焼結体を用いる必要がある。

焼結体質量を増加させる方法では、コンデンサの形状が必然的に増大して小型化の要求を満たさない。一方、タンタル粉を微粉化して比表面積を増加20 させる方法では、タンタル焼結体の細孔径が小さくなり、また焼結段階で閉鎖孔が多くなり、後工程における陰極剤の含浸が困難になる。

これらの欠点を解決する研究の一つとして、タンタルより誘電率の大きい材料を用いた、粉焼結体のコンデンサが考えられる。これらの誘電率の大きい材料としてニオブがある。

25 特開昭 55-157226 号公報には、凝集粉から粒径 $2.0 \mu\text{m}$ 、あるいはそれ以下のニオブ微粉末を加圧成形して焼結し、その成形焼結体を細かく裁断して、

これにリード部を接合した後再び焼結するコンデンサ用焼結素子の製造方法が開示されている。しかしながら、該公報にはコンデンサ特性のについての詳細は示されてない。

米国特許 4,084,965 号公報には、ニオブインゴットを水素化して微碎し、
5 5.1 μm のニオブ粉末を得、これを焼結して用いたコンデンサが開示されている。しかしながら、開示されているコンデンサは、漏れ電流値（以下、L
C 値と略記することがある。）が大きく実用性に乏しい。

一方、特開平 10-242004 号公報には、ニオブ粉の一部を窒化すること等により、LC 値を改善することが開示されている。しかしながら、粒径の細かなニオブ粉を用いて、ニオブ焼結体から高容量なコンデンサを作製した場合、
10 LC 値が特異的に大きなコンデンサが出現する場合があった。

米国特許 6,051,044 号公報には、特定な BET 比表面積を有し、特定な窒素含有量を有するニオブ粉が開示され、漏れ電流の低減方法も開示されているが、本発明のようなニオブと合金を形成し得る他の元素を含むニオブ粉に
15 関しては、何ら開示も示唆もない。

また、コンデンサに必要なハンダ付け等に対する耐熱性（熱履歴に対する LC の安定性）に関しても何ら開示も示唆もない。

発明の開示

20 従って、本発明の目的は単位質量当たりの容量が大きく、漏れ電流値が小さく、耐熱性の高いコンデンサを提供し得るニオブ粉、それを用いた焼結体及びその焼結体を用いたコンデンサを提供することにある。

本発明者らは、前述の課題を鋭意検討した結果、ニオブと合金を形成し得る種々の元素から選択される少なくとも 1 種以上の元素をニオブに含ませることにより、粒径が細かく高容量のコンデンサにおいても耐熱性を伴って、
25 LC を低く安定できることを見い出し本発明を完成した。すなわち、本発明

は、以下の（1）～（29）のコンデンサ用ニオブ粉、（30）～（31）のニオブ粉を焼結して得られる焼結体、（32）～（42）のコンデンサ、（43）～（46）のニオブ粉の製造方法、（47）の電子回路及び（48）の電子機器を提供する。なお、本発明で用いる合金とは、他方の合金成分との固溶体を含むものである。また、特に断りのない限り、本発明で用いる「ppm」及び「%」は、質量ppm及び質量%を表す。

（1）クロム、モリブデン、タングステン、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマス、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含むことを特徴とするコンデンサ用ニオブ粉。

（2）クロム、モリブデン、タングステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む前記1記載のコンデンサ用ニオブ粉。

（3）少なくとも1種の元素が、タングステンである前記2記載のコンデンサ用ニオブ粉。

（4）少なくとも一種の元素が、クロム及びタングステンである前記2記載のコンデンサ用ニオブ粉。

（5）ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含む前記1記載のコンデンサ用ニオブ粉。

（6）少なくとも1種の元素が、ホウ素である前記5記載のコンデンサ用

ニオブ粉。

(7) 少なくとも1種の元素が、アルミニウムである前記5記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(8) セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パ

5 ラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素及びビスマスからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む前記1記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(9) レニウム、亜鉛、ヒ素、リン、ゲルマニウム、スズ及びネオジムから

10 なる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む前記8記載のコンデンサ用

ニオブ粉。

(10) 少なくとも1種の元素が、レニウムである前記9記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(11) 少なくとも1種の元素が、ネオジムである前記9記載のコンデン

サ用ニオブ粉。

15 (12) 少なくとも1種の元素が、亜鉛である前記9記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(13) ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エル

20 ピウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む前記1記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(14) ランタン、イットリウム、エルビウム、イッテルビウム及びルテチ

25 ウムからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む前記13記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(15) 少なくとも1種の元素が、ランタンである前記14記載のコンデンサ用ニオブ粉。

(16) 少なくとも1種の元素が、イットリウムである前記14記載のコンデンサ用ニオブ粉。

5 (17) 元素が、ニオブ粉中10モル%以下の量含まれている前記1乃至16のいずれか1項に記載のニオブ粉。

(18) 元素が、ニオブ粉中0.01~10モル%の量含まれている前記17記載のニオブ粉。

10 (19) 元素が、ニオブ粉中0.1~7モル%の範囲で含まれている前記18記載のニオブ粉。

(20) ニオブ粉の平均粒径が、 $0.05\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ の範囲である前記1乃至16のいずれか1項に記載のニオブ粉。

(21) ニオブ粉の平均粒径が、 $0.2\text{ }\mu\text{m} \sim 4\text{ }\mu\text{m}$ の範囲である前記20記載のニオブ粉。

15 (22) ニオブ粉のBET比表面積が、 $0.5 \sim 40\text{ m}^2/\text{g}$ の範囲である前記1乃至16のいずれか1項に記載のニオブ粉。

(23) ニオブ粉のBET比表面積が、 $1 \sim 20\text{ m}^2/\text{g}$ の範囲である前記22に記載のニオブ粉。

20 (24) さらに、窒素、炭素、ホウ素及び硫黄元素からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を含む前記2、3、4、7、8、9、10、11、12、13、14、15及び16のいずれか1項に記載のニオブ粉。

(25) さらに、窒素、炭素及び硫黄元素からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を含む前記5または6に記載のニオブ粉。

25 (26) 窒素、炭素、ホウ素及び硫黄の元素からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が、 $200,000\text{ ppm}$ 以下である前記24または25に記載のニオブ粉。

(27) 窒素、炭素、ホウ素及び硫黄の元素からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素の含有量が、50 ppm～200,000 ppmである前記26に記載のニオブ粉。

(28) 前記1乃至27のいずれか1項に記載のニオブ粉を造粒して得られる平均粒径が10 μm～500 μmのニオブ造粒物。

(29) 平均粒径が30 μm～250 μmである前記28記載のニオブ造粒物。

(30) 前記1乃至27のいずれか1項に記載のニオブ粉を焼結して得られる焼結体。

10 (31) 前記28または29に記載のニオブ造粒物を焼結して得られる焼結体。

(32) 前記30または31に記載のニオブ焼結体を一方の電極とし、前記焼結体表面上に形成された誘電体と、前記誘電体上に設けられた他方の電極とから構成されるコンデンサ。

15 (33) 誘電体の主成分が酸化ニオブである前記32に記載のコンデンサ。

(34) 酸化ニオブが、電解酸化により形成されたものである前記33に記載のコンデンサ。

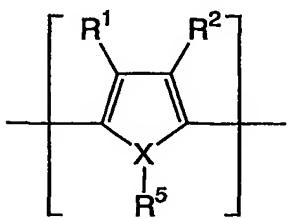
(35) 他方の電極が、電解液、有機半導体及び無機半導体からなる群より選ばれる少なくとも1種の材料である前記32に記載のコンデンサ。

20 (36) 他方の電極が有機半導体からなり、該有機半導体がベンゾピロリン4量体とクロラニルからなる有機半導体、テトラチオテトラセンを主成分とする有機半導体、テトラシアノキノジメタンを主成分とする有機半導体及び導電性高分子からなる群より選ばれる少なくとも1種の材料である前記32に記載のコンデンサ。

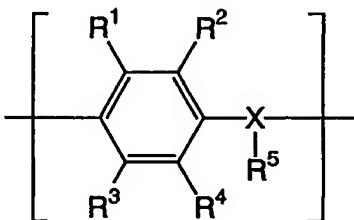
25 (37) 導電性高分子が、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン及びこれらの置換誘導体から選ばれる少なくとも1種である前記36に記載の

コンデンサ。

(38) 導電性高分子が、下記一般式(1)または一般式(2)



(1)

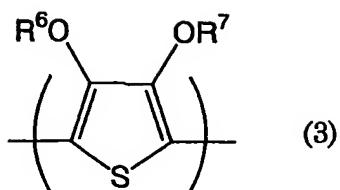


(2)

(式中、R¹～R⁴は、互いに同一であっても相違してもよく、各々水素原子、

5 炭素数1～10の直鎖もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、
アルコキシ基あるいはアルキルエステル基、ハロゲン原子、ニトロ基、シア
ノ基、1級、2級もしくは3級アミノ基、CF₃基、フェニル基及び置換フ
ェニル基からなる群から選ばれる一価基を表わす。R¹とR²及びR³とR⁴
の炭化水素鎖は互いに任意の位置で結合して、かかる基により置換を受けて
いる炭素原子と共に少なくとも1つ以上の3～7員環の飽和または不飽和炭
化水素の環状構造を形成する二価鎖を形成してもよい。前記環状結合鎖には、
カルボニル、エーテル、エステル、アミド、スルフィド、スルフィニル、ス
ルホニル、イミノの結合を任意の位置に含んでもよい。Xは酸素、硫黄また
は窒素原子を表わし、R⁵はXが窒素原子の時のみ存在して、独立して水素
15 原子または炭素数1～10の直鎖もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアル
キル基を表わす。)で示される繰り返し単位を含む重合体に、ドーパント
をドープした導電性高分子である前記36に記載のコンデンサ。

(39) 導電性高分子が、下記一般式(3)



(式中、R⁶及びR⁷は、互いに同一であっても相違してもよく、各々水素原子、炭素数1～6の直鎖状もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、または該アルキル基が互いに任意の位置で結合して、2つの酸素原子を含む少なくとも1つ以上の5～7員環の飽和炭化水素の環状構造を形成する置換基を表わす。また、前記環状構造には置換されていてもよいビニレン結合を有するもの、置換されていてもよいフェニレン構造のものが含まれる。)で示される繰り返し単位を含む導電性高分子である前記38記載のコンデンサ。

10 (40) 前記一般式(3)で示される繰り返し単位を含む導電性高分子が、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)である前記39記載のコンデンサ。

(41) 他方の電極が、層状構造を有する有機半導電体からなる前記36記載のコンデンサ。

15 (42) 他方の電極が、有機スルホン酸アニオンをドーパントとして含んだ有機半導体材料である前記36記載のコンデンサ。

(43) ニオブ粉を、液体窒化、イオン窒化、及びガス窒化の方法からなる群より選ばれる少なくとも1種の方法により表面処理することを特徴とする前記24または25に記載の窒素を含むニオブ粉の製造方法。

20 (44) ニオブ粉を、ガス炭化、固相炭化、及び液体炭化の方法からなる群より選ばれる少なくとも1種の方法により表面処理することを特徴とする前記24または25に記載の炭素を含むニオブ粉の製造方法。

(45) ニオブ粉を、ガスホウ化、及び固相ホウ化の方法からなる群より選

ばれる少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする前記 24 記載のホウ素を含むニオブ粉での製造方法。

(46) ニオブ粉を、ガス硫化、イオン硫化、及び固相硫化の方法からなる

群より選ばれた少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする

5 前記 24 または 25 記載の硫黄を含むニオブ粉の製造方法。

(47) 前記 32 乃至 42 のいずれか 1 項に記載のコンデンサを使用した
電子回路。

(48) 前記 32 乃至 42 のいずれか 1 項に記載のコンデンサを使用した
電子機器。

10

発明の詳細な説明

本発明により高容量化と共に漏れ電流特性の良好なコンデンサ及びその特性を引き出せるニオブ粉及びその焼結体を下記 (1) ~ (4) のグループに分けて説明する。

15 (1) クロム、モリブデン、タンクステンからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含むコンデンサ用ニオブ粉及びその焼結体 (第 1 群の発明) 、

(2) ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも 1 種の元素を含むコンデンサ用ニオブ粉及びその焼結体 (第 2 群の発明) 、

20 (3) セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素及びビスマスからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含むコンデンサ用ニオブ粉及びその焼結体 (第 3 群の発明) 、及び

(4) ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、ス

25 カンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビ

ウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含むコンデンサ用ニオブ粉及びその焼結体（第4群の発明）。

5

(1) 第1群のニオブ粉及び焼結体の発明

第1群の発明は、周期律表第6属遷移元素のクロム、モリブデン、タングステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含んだニオブ粉及びその焼結体である。

10 ここで、クロム、モリブデン、タングステンはニオブと合金を形成し得る元素であり、このうち漏れ電流値を最も低くする効果をもつのはタングステンであり、次にモリブデン、クロムの順となる。したがって、第1群の発明ではニオブ粉にタングステンを含有させることが最も好ましい。また、タングステン含有ニオブ粉にモリブデンまたはクロム、好ましくはクロムが含有
15 されていても良い。これら元素の含有量の総和は、ニオブ粉中10モル%以下、好ましくは0.01モル%～10モル%、さらに好ましくは0.1モル%～7モル%がよい。

すなわち、本発明においては、クロム、モリブデン、タングステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を、ニオブ粉中10モル%以下、さらには0.01モル%～10モル%の範囲に含ませたニオブ粉を焼結体としてコンデンサに使用することが好ましい。

前記元素の含有量が0.01モル%より低いと、後述の電解酸化において形成する誘電体皮膜中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすい性質を抑制することができず、結果として電解酸化皮膜（誘電体皮膜）の安定性を保つことが不可能となり、LCを低下させる効果が得られにくい。また、前記元素の含有量が10モル%より多いと、該ニオブ粉中のニオブ自身の含有量が

減少し、結果的にコンデンサとしての容量が低下する。

従って、前記クロム、モリブデン、タンゲステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素の含有量は、0.01～10モル%が特に好ましい。また、漏れ電流値をより小さくする為には、前記元素含有量をニオブ粉中3モル%以下、さらには0.05～3モル%が特に好ましい。

前記ニオブ粉の平均粒径は、粉体の比表面積を大きくする為に5μm以下、さらには4μm以下であることが好ましい。また、本発明の前記ニオブ粉の平均粒径は、以下の理由により、前記ニオブ粉の平均粒径が0.2μm以上で5μm以下のものがよい。

すなわち、コンデンサの容量(C)は一般に次式で示される。

$$C = \epsilon \times (S / d)$$

式中、 ϵ は誘電率、Sは比表面積、dは電極間距離である。

ここで、 $d = k \times V$ (k :定数、V:化成電圧) であることから、 $C = \epsilon \times (S / (k \times V))$ となり、さらに $C \times V = (\epsilon / k) \times S$ となる。

この関係から、単純には比表面積を大きくすればコンデンサ容量を大きくすることができます。すなわち、ニオブ粉を球形状と仮定した場合、粒子径の小さな粉体を用いた方がコンデンサ容量を大きくすることができます。しかしながら、実際ニオブ粉は完全な球形とは言えず、フレーク状の粉形態もある。

前述したように、本発明のコンデンサにおいて求められている特性は高容量化だけでなく漏れ電流特性の良好なものが希求されているので、単純に比表面積を大きくするだけでは達成できない。

本発明においては、焼結体を作製するニオブ原料に、クロム、モリブデン、タンゲステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含んだニオブ粉を使用することで、前記両コンデンサ特性を満足するコンデンサ、あるいは該コンデンサ特性を与えるニオブ焼結体を提供することができる。

たとえば、本発明者らが一例として作製したタンゲステン含有ニオブ粉

(粉碎法で製造したもの) の粒径と比表面積を以下の表 1 に示す。

表 1

平均粒径(D50)	比表面積(S) (m ² /g)
5 μm	0.6
2 μm	1.3
0.9 μm	2.3
0.5 μm	4.2
0.2 μm	10
0.1 μm	20.8
0.05 μm	38.8

ここで、平均粒径は粒度分布測定器（マイクロトラック社製、商品名「マイクロトラック」）を用いて測定したD 50 値（D 50 値とは、累積質量% が50質量%に相当する粒径値を表す。）であり、比表面積はB E T法で測定した値である。

ニオブ粉中に、クロム、モリブデン、タンクステンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含有したものを平均粒径として0.05 μm未満にすると、該粉体から焼結体を作製した場合、細孔径が小さく、また閉鎖孔が多くなり、後述する陰極剤の含浸が難しい傾向がある。そのため、結果としてコンデンサ容量を大きくすることが難しく、コンデンサ用ニオブ焼結体として余り適さない。また、平均粒径が5 μmを超えると大きなコンデンサ容量が得られない。

以上の点から、本発明においては、好ましくは前記ニオブ粉を0.05 μm以上で5 μm以下のものを使用することで大きなコンデンサ容量を達成することができる。

本発明のニオブ粉は、少なくとも0.5 m²/gのB E T比表面積を有する粉体が好ましく、さらに少なくとも1 m²/gのB E T比表面積を有する粉体が好ましく、さらにまた、少なくとも2 m²/gのB E T比表面積を有す

る粉体が好ましい。また、本発明のニオブ粉は、 $0.5 \sim 40 \text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、さらに $1 \sim 20 \text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、 $1 \sim 10 \text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が特に好ましい。

5 一方、誘電率 (ϵ) に関しては、ニオブはタンタルに比べて約2倍大きいことが知られているが、クロム、モリブデン、タングステンがコンデンサ特性の弁金属であるかは知られておらず、従って前記クロム、モリブデン及びタングステンからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素をニオブに含有させることにより、該元素含有ニオブ粉の ϵ が大きくなるかは知られていない。

本発明においては、前述したように前記ニオブ粉の平均粒径を細かくして、高容量の焼結体を作製した時でも、このようなクロム、モリブデン、タングステンの少なくとも1種の元素がニオブに含有されていればLC値が特異的に大きくなることはなかった。

15 この作用は次のように推定される。ニオブは、タンタルと比較して、酸素元素との結合力が大きいため、電解酸化皮膜（誘電体皮膜）中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすいが、本発明における焼結体は、ニオブの一部がクロム、モリブデン、タングステンの少なくとも1種の元素と結合しているために、電解酸化皮膜中の酸素が内部のニオブ金属と結合しにくくなり、
20 金属側への酸素の拡散が抑制される。その結果、電解酸化皮膜の安定性を保つことが可能となり、粒径が細かく高容量のコンデンサにおいてもLCを低下させ、ばらつきを小さくする効果が得られるものと推定される。

以下、周期律表第6属遷移元素のうちタングステンを一例にとって本発明を説明するが、以下の内容はクロム、モリブデンの場合にも適用される。

25 焼結体を作製するために用いられるタングステン含有ニオブ粉は、前述したように平均粒径が $0.2 \mu\text{m}$ 以上で $5 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

このような平均粒径を有するタングステン含有ニオブ粉は、たとえばニオブータングステン合金インゴット、ペレット、粉などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎によって造られたニオブ粉に炭化タングステン、酸化タングステン、タングステン粉体を混合する方法、酸化ニオブと酸化タングステンの混合物の炭素還元による方法等によっても得ることができる。

たとえば、ニオブータングステン合金インゴットの水素化物の粉碎及び脱水素から得る方法の場合、ニオブータングステン合金の水素化量と粉碎時間、粉碎装置などを調整することにより、所望の平均粒径を有するタングステン含有ニオブ粉を得ることができる。

また、このように得られたタングステン含有ニオブ粉に平均粒径 $0.2 \mu\text{m}$ 以上で $5 \mu\text{m}$ 以下のニオブ粉を混合してもよい。このニオブ粉は、たとえば、フッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎による方法、ニオブインゴットの水素化物の粉碎及び脱水素による方法、酸化ニオブの炭素還元による方法等によって得ることができる。

このようにして得られたタングステン含有ニオブ粉の焼結体における漏れ電流値を更に改善するために、タングステン含有ニオブ粉の一部が窒素、炭素、ホウ素、硫黄の少なくとも一つと結合しているものであってもよい。窒素、炭素、ホウ素、硫黄の結合物であるタングステン含有ニオブ窒化物、タングステン含有ニオブ炭化物、タングステン含有ニオブホウ化物、タングステン含有ニオブ硫化物はいずれを含有しても良く、また、これらの2種、3種、4種の組み合わせであってもよい。

その結合量、すなわち、窒素、炭素、ホウ素、硫黄の含有量の総和は、タングステン含有ニオブ粉の形状にもよって変わるが、平均粒径 $0.05 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 程度の粉で 0 p.p.m より多く $200,000 \text{ p.p.m}$ 以下、好ましくは 50 p.p.m

m~100,000 p p m、さらに好ましくは、200 p p m~20,000 p p mである。200,000 p p mを超えると容量特性が悪化し、コンデンサとして適さない。

タングステン含有ニオブ粉の窒化は、液体窒化、イオン窒化、ガス窒化などのうち、いずれかあるいはそれらを組み合わせた方法で実施することができる。窒素ガス雰囲気によるガス窒化は、装置が簡便で操作が容易なため好ましい。

たとえば、窒素ガス雰囲気によるガス窒化の方法は、前記タングステン含有ニオブ粉を窒素雰囲気中に放置することにより達成される。窒化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする窒化量のタングステン含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

タングステン含有ニオブ粉の炭化は、ガス炭化、固相炭化、液体炭化いずれであってもよい。たとえば、タングステン含有ニオブ粉を炭素材やメタンなどの炭素を有する有機物などの炭素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分~100時間放置しておけばよい。

タングステン含有ニオブ粉のホウ化は、ガスホウ化、固相ホウ化いずれであってもよい。たとえば、タングステン含有ニオブ粉をホウ素ペレットやトリフルオロホウ素などのハロゲン化ホウ素のホウ素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分~100時間放置しておけばよい。

タングステン含有ニオブ粉の硫化は、ガス硫化、イオン硫化、固相硫化いずれであってもよい。たとえば、硫黄ガス雰囲気によるガス硫化の方法は、前記タングステン含有ニオブ粉を硫黄雰囲気中に放置することにより達成される。硫化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする硫化量のタングステン含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

本発明のコンデンサ用タングステン含有ニオブ粉は、前述したタングステン含有ニオブ粉を適当な形状に造粒した後、使用してもよいし、造粒後に未造粒のニオブ粉を適量混合して使用してもよい。

造粒の方法として、例えば、未造粒のタングステン含有ニオブ粉を高真空
5 下に放置し適当な温度に加熱した後解碎する方法、樟脑、ポリアクリル酸、
ポリメチルアクリル酸エステル、ポリビニルアルコールなどの適当なバイン
ダーとアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒の
タングステン含有ニオブ粉を混合した後解碎する方法等があげられる。

このようにして造粒したタングステン含有ニオブ粉は、焼結体を製造する
10 際に用いる加圧成形性を向上させる。この場合、造粒粉の平均粒径は、10
 μm ～500 μm が好ましい。造粒粉の平均粒径が10 μm 以下では部分的にブロッキングを起こし、金型への流動性が悪い。500 μm 以上では加圧
成形後の成形体が欠けやすい。さらに、加圧成形体を焼結した後、コンデン
サを製造する際の陰極剤の含浸のし易さから、造粒粉の平均粒径は、30 μ
15 m ～250 μm が好ましく、60 μm ～250 μm が特に好ましい。

前記窒化方法、炭化方法、ホウ化方法及び硫化方法は、ニオブ粉に対して
行うだけでなく、ニオブ造粒粉やニオブ焼結体に対しても実施することができる。

本発明のコンデンサ用タングステン含有ニオブ焼結体は、前述したタング
20 ステン含有ニオブ粉あるいは造粒したタングステン含有ニオブ粉を焼結して
製造する。焼結体の製造方法の一例を以下に示す。尚、焼結体の製造方法は
この例に限定されるものではない。たとえば、タングステン含有ニオブ粉を
所定の形状に加圧成形した後に 10^{-5} ～ 10^2 Pa （パスカル）で1分～1
0時間、500℃～2000℃、好ましくは900℃～1500℃、さらに好ましく
25 は900℃～1300℃の範囲で加熱して得られる。

(2) 第2群のニオブ粉及び焼結体の発明

第2群の発明では、ニオブ粉原料として、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を使用する。

ここで使用するホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムはニオブと合金を形成し得る元素であり、このうち漏れ電流値を最も低くする効果をもつのはホウ素及びアルミニウムであり、次にガリウム、インジウム、タリウムの順となる。したがって、特にニオブ粉にホウ素またはアルミニウムを含有させることが好ましい。また、ホウ素含有ニオブ粉にアルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムが含有されていても良い。これら元素の含有量の総和は、ニオブ粉中10モル%以下、好ましくは0.01モル%～10モル%、さらに好ましくは0.1モル%～7モル%がよい。すなわち、本発明においては、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を、ニオブ粉中10モル%以下、さらには0.01モル%～10モル%、特に0.1モル%～7モル%の範囲に含ませたニオブ粉を焼結体としてコンデンサに使用することが好ましい。

前記元素の含有量が0.01モル%より低いと、後述の電解酸化において形成する誘電体皮膜中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすい性質を抑制することができず、結果として電解酸化皮膜（誘電体皮膜）の安定性を保つことが不可能となり、LCを低下させる効果が得られにくい。また、前記元素の含有量が10モル%を超えると、ニオブ粉中のニオブ自身の含有量が減少し、結果的にコンデンサとしての容量が低下する。

したがって、前記ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素の含有量は、0.01～10モル%が好ましい。また、漏れ電流値をより小さくするためには、前記元素

含有量をニオブ粉中 7 モル%以下、さらには 0.1~7 モル%が特に好ましい。

本発明の前記ニオブ粉の平均粒径は、粉体の比表面積を大きくするために 5 μm 以下、さらには 4 μm 以下であることが好ましい。また、本発明の前記ニオブ粉の平均粒径は 0.05 μm ~4 μm がよい。この理由は前記(1)群の
5 ニオブ粉について説明した通りである。

本発明においては、焼結体を作製するニオブ粉原料に、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも 1 種の元素を含んだニオブ粉を使用することにより、コンデンサの前記両特性を満足するコンデンサ、あるいは該コンデンサ特性を与えるニオブ焼結
10 体を提供することができる。

本発明者らが一例として作製したホウ素含有ニオブ粉（粉碎法で製造したもの）の平均粒径（D₅₀ ; μm ）と比表面積（S ; m^2/g ）を以下の表 2 に示す。

表2

平均粒径(D ₅₀) (μm)	比表面積(S) (m^2/g)
5.0	0.60
2.0	1.3
0.9	2.4
0.5	4.3
0.2	10.0
0.1	20.9
0.05	39.2

15 上記表 2 の平均粒径（D₅₀ ; μm ）は、粒度分布測定器（マイクロトラック社製、商品名「マイクロトラック」）を用いて測定した値であり（D₅₀ 値は、累積質量%が 50 質量%に相当する粒径値を表わす。）、比表面積は BET 法で測定した値である。

ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群か

ら選ばれる少なくとも 1 種の元素を含有したニオブ粉の平均粒径が $5 \mu\text{m}$ を超えると大きなコンデンサ容量を達成できない。また、平均粒径を $0.05 \mu\text{m}$ 未満にすると、該粉体から焼結体を作製した場合、細孔径が小さく、また閉鎖孔が多くなり、後述する陰極剤の含浸が難しくなる傾向にある。そのため、
5 結果としてコンデンサ容量を大きくすることが難しく、コンデンサ用ニオブ焼結体として余り適さない。

以上の点から、本発明においては、好ましくはニオブ粉として $0.05 \mu\text{m}$ 以上で $4 \mu\text{m}$ 以下のものを使用することにより大きなコンデンサ容量を得ることができる。

10 本発明のニオブ粉は、少なくとも $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましく、さらに少なくとも $1 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましく、さらにまた、少なくとも $2 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましい。また、本発明のニオブ粉は、 $0.5 \sim 40 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましく、さらに $1 \sim 20 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましい。
15 特に、 $1 \sim 10 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する粉体が好ましい。

誘電率 (ϵ) に関しては、ニオブはタンタルに比べて約 2 倍大きいことが知られているが、ホウ素、ガリウム、インジウム及びタリウムがコンデンサ特性の弁金属であるか否かは知られていない。アルミニウムは弁作用金属であるが、その誘電率はニオブより小さいことが知られている。従って、前記ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群より選ばれる少なくとも 1 種の元素をニオブに含有させることにより、該元素含有ニオブ粉の ϵ が大きくなるかは定かではない。

本発明者らが検討したところ、前記ニオブ粉の平均粒径を細かくして、高容量の焼結体を作製した時でも、このようなホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムの少なくとも 1 種の元素がニオブに含有されて

いればLC値が特異的に大きくなることはなかった。

このような結果が得られる理由は次のように推定される。

ニオブは、タンタルと比較して、酸素元素との結合力が大きいため、電解酸化皮膜（誘電体皮膜）中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすいが、

5 本発明における焼結体では、ニオブの一部がホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウムの少なくとも1種の元素と結合しているために、電解酸化皮膜中の酸素が内部のニオブ金属と結合しにくくなり、金属側への酸素の拡散が抑制される。その結果、電解酸化皮膜の安定性を保つことが可能となり、粒径が細かく高容量のコンデンサにおいてもLCを低下させ、ばらつきを小さくする効果が得られるものと推定される。

以下、ホウ素を例に挙げて本発明を説明するが、本発明はこれに限定されず、以下の内容はアルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムの場合にも適用される。

焼結体を作製するために用いられるホウ素含有ニオブ粉は、前述したように平均粒径が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上で $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下のものが特に好ましい。

このような平均粒径を有するホウ素含有ニオブ粉は、例えばニオブ-ホウ素合金インゴット、ペレット、粉などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。

また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎、あるいは酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウム等の少なくとも1種を使用して還元した還元物の粉碎などの方法によって造られたニオブ粉にホウ酸、酸化ホウ素、ホウ素粉体などを混合する方法、酸化ニオブと酸化ホウ素の混合物の炭素還元による方法等によっても得ることができる。

25 例えば、ニオブ-ホウ素合金インゴットの水素化物の粉碎及び脱水素から得る方法の場合、ニオブ-ホウ素合金の水素化量と粉碎時間、粉碎装置など

を調製することにより、所望の平均粒径を有するホウ素含有ニオブ粉を得ることができる。また、このようにして得られたホウ素含有ニオブ粉に平均粒径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下のニオブ粉を混合してホウ素含有量を調整してもよい。このニオブ粉は、例えば、フッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎による方法、ニオブインゴットの水素化物の粉碎及び脱水素による方法、酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウムの少なくとも1種を使用した還元による方法、ハロゲン化ニオブの水素還元による方法等によって得ることができる。

このようにして得られたホウ素含有ニオブ粉の漏れ電流値を更に改善するため、ホウ素含有ニオブ粉の一部を窒化、炭化、硫化、及び更なるホウ化により表面処理をしてよい。窒化、炭化、硫化、ホウ化による表面処理を行って得られた、ホウ素含有ニオブの窒化物、ホウ素含有ニオブの炭化物、ホウ素含有ニオブの硫化物、ホウ素含有ニオブのホウ化物はいずれを含有しても良く、また、これらの2種、3種、4種の組み合わせであってもよい。

その結合量、すなわち窒素、炭素、ホウ素、硫黄の含有量の総和は、ホウ素含有ニオブ粉の形状にもよって変わるが、平均粒径 $0.05\text{ }\mu\text{m}\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 程度の粉で、 0 p.p.m より多く $200,000\text{ p.p.m}$ 以下、好ましくは $50\text{ p.p.m}\sim 100,000\text{ p.p.m}$ 、さらに好ましくは、 $200\text{ p.p.m}\sim 20,000\text{ p.p.m}$ である。 $200,000\text{ p.p.m}$ を超えると容量特性が悪化し、コンデンサとして適さない。

ホウ素含有ニオブ粉の窒化は、液体窒化、イオン窒化、ガス窒化などのうちの何れか、あるいはそれらを組み合わせた方法で実施することができる。窒素ガス雰囲気によるガス窒化は、装置が簡便で操作が容易なため好ましい。例えば、窒素ガス雰囲気によるガス窒化の方法は、前記ホウ素含有ニオブ粉を窒素雰囲気中に放置することにより達成される。窒化する雰囲気の温度は、 2000°C 以下、放置時間は100時間以内で目的とする窒化量のホウ素含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮で

きる。

ホウ素含有ニオブ粉の炭化の方法は、ガス炭化、固相炭化、液体炭化のいずれであってもよい。例えば、ホウ素含有ニオブ粉を炭素材やメタンなどの炭素を有する有機物などの炭素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分～100時間放置しておけばよい。

ホウ素含有ニオブ粉の硫化の方法は、ガス硫化、イオン硫化、固相硫化いずれであってもよい。例えば、硫黄ガス雰囲気によるガス硫化の方法は、前記ホウ素含有ニオブ粉を硫黄雰囲気中に放置することにより達成される。硫化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする硫化量のホウ素含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

ホウ素含有ニオブ粉のホウ化の方法は、ガスホウ化、固相ホウ化いずれであってもよい。例えば、ホウ素含有ニオブ粉をホウ素ペレットやトリフルオロホウ素などのハロゲン化ホウ素のホウ素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分～100時間放置しておけばよい。

本発明のコンデンサ用ホウ素含有ニオブ粉は、前述したホウ素含有ニオブ粉を適当な形状に造粒した後使用してもよいし、造粒後に未造粒のニオブ粉を適量混合して使用してもよい。

造粒の方法として、例えば、未造粒のホウ素含有ニオブ粉を高真空中に放置し適当な温度に加熱した後解碎する方法、樟脑、ポリアクリル酸、ポリメチルアクリル酸エステル、ポリビニルアルコールなどの適当なバインダーとアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒のホウ素含有ニオブ粉を混合した後解碎する方法等があげられる。

このようにして造粒したホウ素含有ニオブ粉は、焼結体を製造する際の加圧成形性を向上させる。この場合の造粒粉の平均粒径は、10 μm～500 μmが好ましい。造粒粉の平均粒径が10 μm以下では部分的にプロッキン

グを起こし、金型への流動性が悪くなる。500 μmを超えると加圧成形後の成形体が欠けやすい。さらに、加圧成形体を焼結した後、コンデンサを製造する際の陰極剤の含浸がし易いことから、造粒粉の平均粒径は30 μm～250 μmが特に好ましい。

5 本発明のコンデンサ用ホウ素含有ニオブ焼結体は、前述したホウ素含有ニオブ粉あるいは造粒したホウ素含有ニオブ粉を焼結して製造する。焼結体の製造方法は特に限定されるものではないが、例えば、ホウ素含有ニオブ粉を所定の形状に加圧成形した後に $10^{-5} \sim 10^2 \text{ Pa}$ で1分～10時間、500℃～2000℃、好ましくは900℃～1500℃、さらに好ましくは900℃～1300℃の範囲で加熱して得られる。

(3) 第3群のニオブ粉及び焼結体の発明

第3群の発明では、コンデンサ特性を満足し得るニオブ粉原料として、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を使用する。セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスは、ニオブと合金を形成し得る元素であり、中でもレニウム、ネオジム、亜鉛、砒素、リン、ゲルマニウム、スズからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を用いるとさらに好ましい。また、レニウム、ネオジム、亜鉛、からなる群より選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を用いることがさらに好ましい。

本発明の1つの形態として、レニウム含有ニオブ粉に、例えば、セリウム、ネオジム、チタン、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスの少なくとも1種の元素が含有

されているニオブ紛を挙げることができる。本発明において、前記元素の総含有量は、ニオブ粉中 10 モル%以下、好ましくは 0.01 モル%～10 モル%、さらに好ましくは 0.1 モル%～7 モル%がよい。

前記元素の総含有量が 0.01 モル%より低すぎると、後述の電解酸化において形成する誘電体皮膜中の酸素がニオブ金属側に拡散しやすい性質を抑制することができず、結果として電解酸化皮膜（誘電体皮膜）の安定性を保つことが不可能となり、LC を低下させる効果が得られにくい。また、前記元素の総含有量が 10 モル%を超えると、ニオブ粉中のニオブ自身の含有量が減少し、結果的にコンデンサとしての容量が低下する。

したがって、前記セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ピスマスからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素の総含有量は、0.01～10 モル%が好ましい。

また、漏れ電流値をより小さくする為には、前記元素含有量をニオブ粉中 7 モル%以下、さらには 0.1～7 モル%が特に好ましい。

本発明の前記ニオブ粉の平均粒径は、粉体の比表面積を大きくする為に 5 μm 以下、さらには 4 μm 以下であることが好ましい。また、本発明の前記ニオブ粉の平均粒径は、0.05 μm 以上で 4 μm 以下がよい。この理由は前記(1)群のニオブ粉について説明した通りである。

本発明においては、焼結体を作製するニオブ粉原料に、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ピスマスからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含んだニオブ粉を使用することにより、コンデンサの前記両特性を満足するコンデンサ、あるいは該コンデンサ特性を与えるニオブ焼結体を提供することができる。

本発明者らが一例として作製したレニウム含有ニオブ粉（粉碎法で製造し

たもの) の平均粒径 (D_{50} ; μm) と比表面積 (S ; m^2/g) を以下の表 3 に示す。

表 3

平均粒径(D_{50}) (μm)	比表面積(S) (m^2/g)
4.9	0.63
2.0	1.3
0.9	2.6
0.5	4.9
0.2	11.0
0.1	20.7
0.05	38.4

上記表 3 の平均粒径 (D_{50} ; μm) は、粒度分布測定器 (マイクロトラック社製、商品名「マイクロトラック」) を用いて測定した値であり (D_{50} 値とは、累積質量%が 50 質量%に相当する粒径値を表す。)、比表面積は BET 法で測定した値である。

セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含有したニオブ粉の平均粒径が 5 μm を超えると大きなコンデンサ容量を達成できない。また、平均粒径を 0.05 μm 未満にすると、該粉体から焼結体を作製した場合、細孔径が小さく、また閉鎖孔が多くなり、後述する陰極剤の含浸が難しくなる傾向にある。そのため、結果としてコンデンサ容量を大きくすることが難しく、コンデンサ用ニオブ焼結体として余り適さない。

以上の点から、本発明においては、好ましくはニオブ粉として 0.05 μm 以上で 5 μm 以下のものを使用することで大きなコンデンサ容量を達成することができる。

本発明のニオブ粉は、少なくとも $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する

粉体が好ましく、さらに少なくとも $1\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、さらにまた、少なくとも $2\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましい。また、本発明のニオブ粉は、 $0.5\sim4.0\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、さらに $1\sim2.0\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、特に $1\sim1.0\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましい。

一方、誘電率(ϵ)に関しては、ニオブはタンタルに比べて約2倍大きいことが知られているが、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスがコンデンサ特性の弁金属であるかは知られていない。従つて、前記、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素をニオブに含有させることにより、該元素含有ニオブ粉の ϵ が大きくなるかは定かではない。

本発明者らが検討したところ、前記ニオブ粉の平均粒径を細かくして、高容量の焼結体を作製した時でも、このようなセリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスの少なくとも1種の元素がニオブに含有されていればLC値が特異的に大きくなることはなかった。

このような結果が得られる理由は次のように推定される。

ニオブは、タンタルと比較して、酸素元素との結合力が大きいため、電解酸化皮膜(誘電体皮膜)中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすいが、本発明における焼結体は、ニオブの一部が、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスの少なくとも1種の元素と結合しているために、電解酸化皮膜中の酸素が内部のニオブ金属と結合しにくくなり、金

属側への酸素の拡散が抑制される。その結果、電解酸化皮膜の安定性を保つことが可能となり、粒径が細かく高容量のコンデンサにおいてもLCを低下させ、ばらつきを小さくする効果が得られるものと推定される。

以下、主としてレニウムを例に挙げて本発明を説明するが、本発明はこれに限定されず、以下の内容は、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素及びビスマスからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素の場合にも適用される。

焼結体を作製するために用いられるレニウム含有ニオブ粉は、前述したように平均粒径が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上で $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下が特に好ましい。

このような平均粒径を有するレニウム含有ニオブ粉は、たとえばニオブ-レニウム合金インゴット、ペレット、粉などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎、あるいは酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウム等の少なくとも1種を使用して還元した還元物の粉碎などの方法によって造られたニオブ粉にレニウム粉体、レニウムの酸化物、硫化物、硫酸塩、ハロゲン化塩、硝酸塩、有機酸塩、錯塩などを混合する方法、酸化ニオブと酸化レニウムの混合物のマグネシウム還元による方法等によっても得ることができる。

また、レニウム、亜鉛、ゲルマニウムを含むニオブ粉は、たとえばニオブ-レニウム-亜鉛-ゲルマニウム合金インゴット、ペレット、粉末などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎、あるいは酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウム等の少なくとも1種を使用して還元した

還元物の粉碎などの方法によって造られたニオブ粉にレニウム粉体、亜鉛粉体、ゲルマニウム粉体やレニウム、亜鉛、ゲルマニウムの酸化物、硫化物、硫酸塩、ハロゲン化塩、硝酸塩、有機酸塩などを混合する方法、酸化ニオブ、酸化レニウム、酸化亜鉛、酸化ゲルマニウムの混合物のマグネシウム還元による方法等によっても得ることができる。
5

たとえば、ニオブーレニウム合金インゴットの水素化物の粉碎及び脱水素から得る方法の場合、ニオブーレニウム合金の水素化量と粉碎時間、粉碎装置などを調製することにより、所望の平均粒径を有するレニウム含有ニオブ粉を得ることができる。

10 また、このようにして得られたレニウム含有ニオブ粉に平均粒径 $5 \mu\text{m}$ 以下のニオブ粉を混合してレニウム含有量を調整してもよい。このニオブ粉は、たとえば、フッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎による方法、ニオブインゴットの水素化物の粉碎及び脱水素による方法、酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウムの少なくとも1種を使用した還元による方法、ハロゲン化ニオブの水素還元による方法等によって得ることができる。このようにして得られたレニウム含有ニオブ粉の漏れ電流値を更に改善するために、レニウム含有ニオブ粉の一部を窒化、ホウ化、炭化、および硫化による表面処理をしてもよい。窒化、ホウ化、炭化、硫化による表面処理を行って得られた、レニウム含有ニオブの窒化物、レニウム含有ニオブのホウ化物、レニウム含有ニオブの炭化物、レニウム含有ニオブの硫化物、はいずれを含有しても良く、また、これらの2種、3種、4種の組み合わせであってもよい。
15
20

その結合量、すなわち、窒素、ホウ素、炭素、硫黄の含有量の総和は、レニウム含有ニオブ粉の形状にもよって変わるが、平均粒径 $0.05 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 程度の粉で、 0 p.p.m より多く $200,000 \text{ p.p.m}$ 以下、好ましくは $50 \text{ p.p.m} \sim 100,000 \text{ p.p.m}$ 、さらに好ましくは、 $200 \text{ p.p.m} \sim 20,000 \text{ p.p.m}$ である。
25

200,000 p p mを超えると容量特性が悪化し、コンデンサとして適さない。

レニウム含有ニオブ粉の窒化方法は、液体窒化、イオン窒化、ガス窒化などのうち、何れかあるいは、それらの組み合わせた方法で実施することができる。窒素ガス雰囲気によるガス窒化は、装置が簡便で操作が容易なため好み。たとえば、窒素ガス雰囲気によるガス窒化の方法は、前記レニウム含有ニオブ粉を窒素雰囲気中に放置することにより達成される。窒化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする窒化量のレニウム含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

10 レニウム含有ニオブ粉のホウ化方法は、ガスホウ化、固相ホウ化いずれであってもよい。たとえば、ホウ素含有ニオブ粉をホウ素ペレットやトリフルオロホウ素などのハロゲン化ホウ素のホウ素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分～100時間放置しておけばよい。

15 レニウム含有ニオブ粉の炭化は、ガス炭化、固相炭化、液体炭化いずれであってもよい。たとえば、レニウム含有ニオブ粉を炭素材やメタンなどの炭素を有する有機物などの炭素源とともに、減圧下、2000°C以下で1分～100時間放置しておけばよい。

20 レニウム含有ニオブ粉の硫化方法は、ガス硫化、イオン硫化、固相硫化いずれであってもよい。たとえば、硫黄ガス雰囲気によるガス硫化の方法は、前記レニウム含有ニオブ粉を硫黄雰囲気中に放置することにより達成される。硫化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする硫化量のレニウム含有ニオブ粉が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

25 本発明のコンデンサ用レニウム含有ニオブ粉は、前述したレニウム含有ニオブ粉を適当な形状に造粒した後、使用してもよいし、造粒後に未造粒のニオブ粉を適量混合して使用してもよい。

造粒の方法として、例えば、未造粒のレニウム含有ニオブ粉を高真空下に放置し適当な温度に加熱した後解碎する方法、樟脑、ポリアクリル酸、ポリメチルアクリル酸エステル、ポリビニルアルコールなどの適当なバインダーとアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒、あるいは造粒したレニウム含有ニオブ粉を混合した後解碎する方法等があげられる。

このようにして造粒したレニウム含有ニオブ粉は、焼結体を製造する際の加圧成形性を向上させる。この場合、造粒粉の平均粒径は、 $10 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましい。造粒粉の平均粒径が $10 \mu\text{m}$ 以下では部分的にプロッキングを起こし、金型への流動性が悪くなる。 $500 \mu\text{m}$ 以上では加圧成形後の成形体が欠けやすい。さらに、加圧成形体を焼結した後、コンデンサを製造する際の陰極剤の含浸がし易いことから、造粒粉の平均粒径は、 $30 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$ が特に好ましい。

本発明のコンデンサ用レニウム含有ニオブ焼結体は、前述したレニウム含有ニオブ粉あるいは造粒したレニウム含有ニオブ粉を焼結して製造する。焼結体の製造方法は特に限定されるものではないが、たとえば、レニウム含有ニオブ粉を所定の形状に加圧成形した後に $10^{-5} \sim 10^2 \text{ Pa}$ （パスカル）で1分～10時間、 $500^\circ\text{C} \sim 2000^\circ\text{C}$ 、好ましくは $900^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ 、さらに好ましくは $900^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ の範囲で加熱して得られる。

20

(4) 第4群のニオブ粉及び焼結体の発明

第4群の発明では、コンデンサ特性を満足し得るニオブ粉原料として、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウ

ム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を使用する。

ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルは、ニオブと合金を形成し得る元素であり、中でもランタン、イットリウム、エルビウム、イッテルビウム及びルテチウムからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を用いるとさらに好ましい。また、ランタン及びイットリウムからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素を含むニオブ粉を用いることがさらに望ましい。

本発明の1つの形態として、ランタン含有ニオブ粉に、例えば、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン及びテルルの少なくとも1種の元素が含有されているニオブ粉を挙げることができる。本発明において、前記元素の総含有量は、ニオブ粉中10モル%以下、好ましくは0.01モル%～10モル%、さらに好ましくは0.1モル%～7モル%がよい。

前記元素の総含有量が0.01モル%より低いと、後述の電解酸化において形成する誘電体皮膜中の酸素がニオブ金属側に拡散しやすい性質を抑制することができず、結果として電解酸化皮膜（誘電体皮膜）の安定性を保つことが不可能となり、LCを低下させる効果が得られにくい。また、前記元素の総含有量が10モル%を超えると、ニオブ粉中のニオブ自身の含有量が減少

し、結果的にコンデンサとしての容量が低下する。

したがって、前記、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素の総含有量は、0.01～10モル%が好ましい。

また、漏れ電流値をより小さくするためには、前記元素含有量をニオブ粉中7モル%以下、さらには0.1～7モル%が特に好ましい。

本発明のニオブ粉の平均粒径は、粉体の比表面積を大きくするために5μm以下が好ましく、4μm以下がより好ましい。さらには、前記ニオブ粉は平均粒径0.05μm以上で4μm以下のものが特に好ましい。この理由は前記(1)群のニオブ粉について説明した通りである。

本発明においては、焼結体を作製するニオブ原料に、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含んだニオブ粉を使用することにより、コンデンサの前記両特性を満足するコンデンサ、あるいは該コンデンサ特性を与えるニオブ焼結体を提供することができる。

本発明者らが一例として作製したランタン含有ニオブ粉（粉碎法で製造したもの）の平均粒径(D₅₀; μm)と比表面積(S; m²/g)を以下の表4に示す。

表 4

平均粒径(D50) (μm)	比表面積(S) (m^2/g)
5.1	0.61
1.9	1.4
0.9	2.5
0.5	5.1
0.2	11.1
0.1	20.8
0.05	38.7

上記表 4 の平均粒径 (D 5 0 ; μm) は、粒度分布測定器 (マイクロトラック社製、商品名「マイクロトラック」) を用いて測定した値であり (D 5 0 値とは、累積質量%が 5 0 質量%に相当する粒径値を表す。) 、比表面積

5 は BET 法で測定した値である。

ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含有したニオブ粉の平均粒径が $5 \mu\text{m}$ を超えると大きなコンデンサ容量を達成できない。また、平均粒径を $0.05 \mu\text{m}$ 未満にすると、該粉体から焼結体を作製した場合、細孔径が小さく、また閉鎖孔が多くなり、後述する陰極剤の含浸が難しくなる傾向に

15 ある。そのため、結果としてコンデンサ容量を大きくすることが難しく、コンデンサ用ニオブ焼結体として余り適さない。

以上の点から、本発明においては、好ましくはニオブ粉として $0.05 \mu\text{m}$ 以上で $5 \mu\text{m}$ 以下のものを使用することで大きなコンデンサ容量を達成することができる。

20 本発明のニオブ粉は、少なくとも $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ の BET 比表面積を有する

粉体が好ましく、さらに少なくとも $1\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、さらにまた、少なくとも $2\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましい。また、本発明のニオブ粉は、 $0.5\sim 40\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、さらに $1\sim 20\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましく、特に $1\sim 10\text{ m}^2/\text{g}$ のBET比表面積を有する粉体が好ましい。

一方、誘電率(ϵ)に関しては、ニオブはタンタルに比べて約2倍大きいことが知られているが、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルがコンデンサ特性の弁金属であるかは知られていない。したがって、前記、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン及びテルルからなる群より選ばれた少なくとも1種の元素をニオブに含有させることにより、該元素含有ニオブ粉の ϵ が大きくなるかは知られていない。

本発明者らが検討したところ、前記ニオブ粉の平均粒径を細かくして、高容量の焼結体を作製した時でも、このような、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、

ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルの少なくとも1種の元素がニオブに含有されていればLC値が特異的に大きくなることはなかった。

このような結果が得られる理由は次のように推定される。

5 ニオブは、タンタルと比較して、酸素元素との結合力が大きいため、電解酸化皮膜（誘電体皮膜）中の酸素が内部のニオブ金属側に拡散しやすいが、本発明における焼結体は、ニオブの一部が、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルの少なくとも1種の元素と結合しているために、電解酸化皮膜中の酸素が内部のニオブ金属と結合しにくくなり、金属側への酸素の拡散が抑制される。その結果、電解酸化皮膜の安定性を保つことが可能となり、粒径が細かく高容量のコンデンサにおいてもLCを低下させ、ばらつきを小さくする効果が得られるものと推定される。

以下、主としてランタンを例に挙げて本発明を説明するが、本発明はこれに限定されず、以下の内容は、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素の場合にも適用される。

25 焼結体を作製するために用いられるランタン含有ニオブ粉は、前述したように平均粒径が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上で $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下が特に好ましい。

このような平均粒径を有するランタン含有ニオブ粉は、例えばニオブーランタン合金インゴット、ペレット、粉などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎、あるいは酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウム等の少なくとも1種を使用して還元した還元物の粉碎などの方法によって造られたニオブ粉にランタン粉体、ランタンの水素化物、酸化物、硫化物、硫酸塩、ハロゲン化塩、硝酸塩、有機酸塩、錯塩などを混合する方法、酸化ニオブと酸化ランタンの混合物のマグネシウム還元による方法等によつても得ることができる。

また、ランタン、ハフニウム、イリジウムを含むニオブ粉は、例えばニオブーランタンーハフニウムーイリジウム合金インゴット、ペレット、粉末などの水素化物の粉碎及び脱水素による方法によって得ることができる。また、ニオブインゴット、ペレット、粉の水素化物の粉碎及び脱水素、あるいはフッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎、あるいは酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウム等の少なくとも1種を使用して還元した還元物の粉碎などの方法によって造られたニオブ粉にランタン粉体、ハフニウム粉体、イリジウム粉体やランタン、ハフニウム、イリジウムの水素化物、酸化物、硫化物、硫酸塩、ハロゲン化塩、硝酸塩、有機酸塩などを混合する方法、酸化ニオブ、酸化ランタン、酸化ハフニウム、酸化イリジウムの混合物のマグネシウム還元による方法等によつても得ることができる。

例えば、ニオブーランタン合金インゴットの水素化物の粉碎及び脱水素から得る方法の場合、ニオブーランタン合金の水素化量と粉碎時間、粉碎装置などを調製することにより、所望の平均粒径を有するランタン含有ニオブ粉を得ることができる。

この様にして得たランタン含有ニオブ粉の原料として通常用いられるニオ

ブインゴットの、前述した元素（ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、
5 ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルル）以外の金属元素及びタンタルの含有量は、
1000 p p m以下であり、また、酸素の含有量は3000～60,000 p p mであった。

このことは、前述した元素（ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素）を含むニオブ粉でも同様な値となった。

15 また、このようにして得られたランタン含有ニオブ粉に平均粒径5 μm以下のニオブ粉を混合してランタン含有量を調整してもよい。このニオブ粉は、例えば、フッ化ニオブ酸カリウムのナトリウム還元物の粉碎による方法、ニオブインゴットの水素化物の粉碎及び脱水素による方法、酸化ニオブの水素、炭素、マグネシウム、アルミニウムの少なくとも1種を使用した還元による
20 方法、ハロゲン化ニオブの水素還元による方法等によって得ることができる。

本発明のコンデンサ用ランタン含有ニオブ粉は、前述したランタン含有ニオブ粉を適当な形状に造粒した後、使用してもよいし、造粒後に未造粒のニオブ粉を適量混合して使用してもよい。

25 造粒の方法として、例えば、未造粒のランタン含有ニオブ粉を高減圧下に放置し適当な温度に加熱した後解碎する方法、樟腦、ポリアクリル酸、ポリメチルアクリル酸エステル、ポリビニルアルコールなどの適当なバインダー

とアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒、あるいは造粒したランタン含有ニオブ粉を混合した後解碎する方法、樟脑、ポリアクリル酸、ポリメチルアクリル酸エステル、ポリビニルアルコールなどの適当なバインダーとアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒、あるいは造粒したランタン含有ニオブ粉を混合したのち高減圧下焼結し、添加したバインダーと溶媒を蒸発、昇華または熱分解し気体にすることにより除去したのち焼結したランタン含有ニオブ塊を解碎する方法、酸化バリウム、酸化マグネシウムなどとアセトン、アルコール類、酢酸エステル類、水などの溶媒と未造粒、あるいは造粒したランタン含有ニオブ粉を混合したのち高減圧下焼結し、解碎した後、硝酸、塩酸などの酸溶液やキレート剤を含む溶液で溶解することにより除去する方法等が挙げられる。

このようにして造粒したランタン含有ニオブ粉は、焼結体を製造する際の加圧成形性を向上させる。この場合、造粒粉の平均粒径は、 $10\text{ }\mu\text{m}\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ が好ましい。造粒粉の平均粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下では部分的にプロッキングを起こし、金型への流動性が悪くなる。 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以上では加圧成形後の成形体が欠けやすい。さらに、加圧成形体を焼結した後、コンデンサを製造する際の陰極剤の含浸がしやすいことから、造粒粉の平均粒径は、 $30\text{ }\mu\text{m}\sim 250\text{ }\mu\text{m}$ が特に好ましい。

本発明のコンデンサ用ランタン含有ニオブ焼結体は、前述したランタン含有ニオブ粉あるいは造粒したランタン含有ニオブ粉を焼結して製造する。焼結体の製造方法は特に限定されるものではないが、例えば、ランタン含有ニオブ粉を所定の形状に加圧成形した後に $10^{-5}\sim 10^2\text{ Pa}$ （パスカル）で1分～10時間、 $500^\circ\text{C}\sim 2000^\circ\text{C}$ 、好ましくは $900^\circ\text{C}\sim 1500^\circ\text{C}$ 、さらに好ましくは $900^\circ\text{C}\sim 1300^\circ\text{C}$ の範囲で加熱して得られる。

このようにして得られたランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体の漏れ電流値をさらに改善するために、ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体の一

部を窒化、ホウ化、炭化、硫化、または複数のこれらによる処理をしてもよい。

得られたランタン含有ニオブの窒化物、ランタン含有ニオブのホウ化物、ランタン含有ニオブの炭化物、ランタン含有ニオブの硫化物、はいずれを含有してもよく、また、これらの2種以上の組み合わせであってもよい。

その結合量、すなわち、窒素、ホウ素、炭素、硫黄の含有量の総和は、ランタン含有ニオブ粉の形状にもよって変わるが、平均粒径 $0.05 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 程度の粉で、 0 ppm より多く $200,000 \text{ ppm}$ 以下、好ましくは $50 \text{ ppm} \sim 100,000 \text{ ppm}$ 、さらに好ましくは、 $200 \text{ ppm} \sim 20,000 \text{ ppm}$ である。

$200,000 \text{ ppm}$ を超えると容量特性が悪化し、コンデンサとして適さない。

ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体の窒化方法は、液体窒化、イオン窒化、ガス窒化などのうち、何れかあるいは、それらの組み合わせた方法で実施することができる。窒素ガス雰囲気によるガス窒化は、装置が簡便で操作が容易なため好ましい。例えば、窒素ガス雰囲気によるガス窒化の方法は、前記ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体を窒素雰囲気中に放置することにより達成される。窒化する雰囲気の温度は、 2000°C 以下、放置時間は 100 時間以内で目的とする窒化量のランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体のホウ化方法は、ガスホウ化、固相ホウ化いずれであってもよい。例えば、ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体をホウ素ペレットやトリフルオロホウ素などのハロゲン化ホウ素のホウ素源と共に、減圧下、 2000°C 以下で 1 分～100 時間程度、放置しておけばよい。

ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体の炭化は、ガス炭化、固相炭化、液体炭化いずれであってもよい。例えば、ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体を炭素材やメタンなどの炭素を有する有機物などの炭素源とともに、

減圧下、2000°C以下で1分～100時間程度放置しておけばよい。

ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体の硫化方法は、ガス硫化、イオン硫化、固相硫化いずれであってもよい。例えば、硫黄ガス雰囲気によるガス

硫化の方法は、前記ランタン含有ニオブ粉、造粒粉、焼結体を硫黄雰囲気中

5 に放置することにより達成される。硫化する雰囲気の温度は、2000°C以下、放置時間は100時間以内で目的とする硫化量のニオブ粉、造粒粉、焼結体

が得られる。また、より高温で処理することにより処理時間を短縮できる。

(5) コンデンサ素子

10 次に、コンデンサ素子の製造について説明する。

例えば、ニオブまたはタンタルなどの弁作用金属からなる、適当な形状及び長さを有するリードワイヤーを用意し、これを前述したニオブ粉の加圧成形時にリードワイヤーの一部が成形体の内部に挿入させるように一体成形して、リードワイヤーを前記焼結体の引き出しリードとなるように組み立て設計する。

前述した焼結体を一方の電極とし、他方の電極の間に介在した誘電体とからコンデンサを製造することができる。ここでコンデンサの誘電体として、酸化ニオブを主体とする誘電体が好ましく挙げられる。酸化ニオブを主体とする誘電体は、例えば、一方の電極であるランタン含有ニオブ焼結体を電解

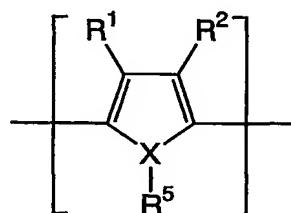
20 液中で電解酸化（「電解化成」あるいは「化成」と記載することもある）することによって得られる。ランタン含有ニオブ電極を電解液中で化成するには、通常プロトン酸水溶液、例えば、0.1%リン酸水溶液、硫酸水溶液または1%の酢酸水溶液、アジピン酸水溶液等を用いて行われる。ランタン含有ニオブ電極を電解液中で化成して酸化ニオブ誘電体を得る場合、本発明のコンデンサは、電解コンデンサとなりランタン含有ニオブ電極が陽極となる。

本発明のコンデンサにおいて、ニオブ焼結体の他方の電極（対極）は格別

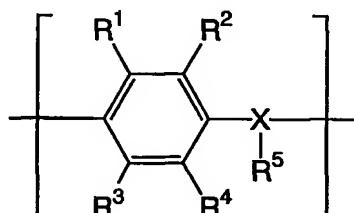
限定されるものではなく、例えば、アルミ電解コンデンサ業界で公知である電解液、有機半導体及び無機半導体から選ばれた少なくとも1種の材料（化合物）が使用できる。

電解液の具体例としては、イソブチルトリプロピルアンモニウムポロテト
5 ラフルオライド電解質を5質量%溶解したジメチルホルムアミドとエチレン
グリコールの混合溶液、テトラエチルアンモニウムポロテトラフルオライド
を7質量%溶解したプロピレンカーボネートとエチレングリコールの混合溶
液などが挙げられる。

有機半導体の具体例としては、ベンゾピロリン4量体とクロラニルからな
10 る有機半導体、テトラチオテトラセンを主成分とする有機半導体、テトラシア
ノキノジメタンを主成分とする有機半導体、あるいは下記一般式（1）また
は一般式（2）で表される繰り返し単位を含む導電性高分子が挙げられる。



(1)



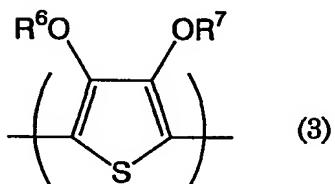
(2)

式中、R¹～R⁴はそれぞれ独立して水素原子、炭素数1乃至10の直鎖上
15 もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、アルコキシ基あるいは
アルキルエステル基、またはハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基、1級、2
級もしくは3級アミノ基、C F₃基、フェニル基及び置換フェニル基からな
る群から選ばれた一価基を表わす。R¹とR²及びR³とR⁴の炭化水素鎖は
互いに任意の位置で結合して、かかる基により置換を受けている炭素原子と
20 共に少なくとも1つ以上の3～7員環の飽和または不飽和炭化水素の環状構
造を形成する二価鎖を形成してもよい。前記環状結合鎖には、カルボニル、

エーテル、エステル、アミド、スルフィド、スルフィニル、スルホニル、イミノの結合を任意の位置に含んでもよい。Xは酸素、硫黄または窒素原子を表し、R⁵はXが窒素原子の時のみ存在して、独立して水素または炭素数1乃至10の直鎖上もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基を表す。

さらに、本発明においては前記一般式(1)または一般式(2)のR¹～R⁴は、好ましくは、それぞれ独立して水素原子、炭素数1乃至6の直鎖上もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基またはアルコキシ基を表し、R¹とR²及びR³とR⁴は互いに結合して環状になっていてもよい。

さらに、本発明においては、前記一般式(1)で表される繰り返し単位を含む導電性高分子は、好ましくは下記一般式(3)で示される構造単位を繰り返し単位として含む導電性高分子が挙げられる。



式中、R⁶及びR⁷は、各々独立して水素原子、炭素数1乃至6の直鎖状もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、または該アルキル基が互いに任意の位置で結合して、2つの酸素原子を含む少なくとも1つ以上の5～7員環の飽和炭化水素の環状構造を形成する置換基を表わす。また、前記環状構造には置換されていてもよいビニレン結合を有するもの、置換されていてもよいフェニレン構造のものが含まれる。

このような化学構造を含む導電性高分子は、荷電されており、ドーパントがドープされる。ドーパントには公知のドーパントが制限なく使用できる。

無機半導体の具体例としては、二酸化鉛または二酸化マンガンを主成分とする無機半導体、四三酸化鉄からなる無機半導体などが挙げられる。このような半導体は単独でも、または2種以上組み合わせて使用してもよい。

一般式（1）または一般式（2）で表される繰り返し単位を含む重合体としては、例えば、ポリアニリン、ポリオキシフェニレン、ポリフェニレンサルファイド、ポリチオフェン、ポリフラン、ポリピロール、ポリメチルピロール、及びこれらの置換誘導体や共重合体などが挙げられる。中でもポリピロール、ポリチオフェン及びこれらの置換誘導体（例えばポリ（3，4-エチレンジオキシチオフェン）等）が好ましい。

上記有機半導体及び無機半導体として、電導度 $10^{-2} \text{ S/cm} \sim 10^3 \text{ S/cm}$ の範囲のものを使用すると、作製したコンデンサのインピーダンス値がより小さくなり高周波での容量をさらに一層大きくすることができる。

前記導電性高分子層を製造する方法としては、例えばアニリン、チオフェン、フラン、ピロール、メチルピロールまたはこれらの置換誘導体の重合性化合物を、脱水素的2電子酸化の酸化反応を充分に行わせ得る酸化剤の作用で重合する方法が採用される。重合性化合物（モノマー）からの重合反応は、例えばモノマーの気相重合、溶液重合等があり、誘電体を有するニオブ焼結体の表面に形成される。導電性高分子が溶液塗布可能な有機溶媒可溶性のポリマーの場合には、表面に塗布して形成する方法が採用される。

溶液重合による好ましい製造方法の1つとして、誘電体層を形成したニオブ焼結体を、酸化剤を含む溶液（溶液1）に浸漬し、次いでモノマー及びドーパントを含む溶液（溶液2）に浸漬して重合し、該表面に導電性高分子層を形成得する方法が例示される。また、前記焼結体を、溶液2に浸漬した後で溶液1に浸漬してもよい。また、前記溶液2においては、ドーパントを含まないモノマー溶液として前記方法に使用してもい。また、ドーパントを使用する場合、酸化剤を含む溶液に共存させて使用してもよい。

このような重合工程操作を、誘電体を有する前記ニオブ焼結体に対して1回以上、好ましくは3～20回繰り返すことによって緻密で層状の導電性高分子層を容易に形成することができる。

本発明のコンデンサの製造方法においては、酸化剤はコンデンサ性能に悪影響を及ぼすことなく、その酸化剤の還元体がドーパントになって導電性高分子の電動度を向上させ得る酸化剤であればよく、工業的に安価で製造上取り扱いの容易な化合物が好まれる。

5 このような酸化剤としては、具体的には、例えば FeCl_3 や FeClO_4 、
Fe (有機酸アニオン) 塩等の Fe (III) 系化合物類、または無水塩化アルミニウム／塩化第一銅、アルカリ金属過硫酸塩類、過硫酸アンモニウム塩類、過酸化物類、過マンガン酸カリウム等のマンガン類、2, 3-ジクロロ-5, 6-ジシアノ-1, 4-ベンゾキノン (DDQ) 、テトラクロロ-1, 10 4-ベンゾキノン、テトラシアノ-1, 4-ベンゾキノン等のキノン類、よう素、臭素等のハロゲン類、過酸、硫酸、発煙硫酸、三酸化硫黄、クロロ硫酸、フルオロ硫酸、アミド硫酸等のスルホン酸、オゾン等及びこれら複数の酸化剤の組み合わせが挙げられる。

これらの中で、前記 Fe (有機酸アニオン) 塩を形成する有機酸アニオンの基本化合物としては、有機スルホン酸または有機カルボン酸、有機リン酸、有機ホウ酸等が挙げられる。有機スルホン酸の具体例としては、ベンゼンスルホン酸や p-トルエンスルホン酸、メタンスルホン酸、エタンスルホン酸、 α -スルホーナフタレン、 β -スルホーナフタレン、ナフタレンジスルホン酸、アルキルナフタレンスルホン酸 (アルキル基としてはブチル、トリイソプロピル、ジ- t -ブチル等) 等が使用される。

一方、有機カルボン酸の具体例としては、酢酸、プロピオン酸、安息香酸、シュウ酸等が挙げられる。さらに本発明においては、ポリアクリル酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリビニルスルホン酸、ポリビニル硫酸ポリ- α -メチルスルホン酸、ポリエチレンスルホン酸、ポリリン酸等の高分子電解質アニオンも使用される。なお、これら有機スルホン酸または有機カルボン酸の例は単なる例示であり、これらに限定されるものではな

い。また、前記アニオンの対カチオンは、 H^+ 、 Na^+ 、 K^+ 等のアルカリ金属イオン、または水素原子やテトラメチル基、テトラエチル基、テラブチル基、テラフェニル基等で置換されたアンモニウムイオン等が例示されるが、これらに限定されるものではない。前記の酸化剤のうち、特に好ましい
5 のは、3価のFe系化合物類、または塩化第一銅系、過硫酸アルカリ塩類、過硫酸アンモニウム塩類酸類、キノン類を含む酸化剤である。

導電性高分子の重合体組成物の製造方法において必要に応じて共存させるドーパント能を有するアニオン（酸化剤の還元体アニオン以外のアニオン）は、前述の酸化剤から產生される酸化剤アニオン（酸化剤の還元体）を対イ
10 オンに持つ電解質アニオンまたは他の電解質アニオンを使用することができる。具体的には例えば、 PF_6^- 、 SbF_6^- 、 AsF_6^- の如き5B族元素のハロゲン化物アニオン、 BF_4^- の如き3B族元素のハロゲン化物アニオン、
15 I^- (I_3^-)、 Br^- 、 Cl^- の如きハロゲンアニオン、 ClO_4^- の如き過ハロゲン酸アニオン、 $AlCl_4^-$ 、 $FeCl_4^-$ 、 $SnCl_5^-$ 等の如きルイス酸アニオン、あるいは NO_3^- 、 SO_4^{2-} の如き無機酸アニオン、またはp-トルエンスルホン酸やナフタレンスルホン酸、炭素数1乃至5（C1～5と略する）のアルキル置換ナフタレンスルホン酸等のスルホン酸アニオン、 $C
20 F_3SO_3^-$ 、 $CH_3SO_3^-$ の如き有機スルホン酸アニオン、または CH_3COO^- 、 $C_6H_5COO^-$ のごときカルボン酸アニオン等のプロトン酸アニオンを挙げることができる。

また、同じく、ポリアクリル酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリビニルスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリ- α -メチルスルホン酸、ポリエチレンスルホン酸、ポリリン酸等の高分子電解質のアニオン等を挙げができるが、これらに限定されるものではない。しかしながら、
25 好ましくは、高分子系及び低分子系の有機スルホン酸化合物あるいはポリリソ酸化合物のアニオンが挙げられ、望ましくは芳香族系のスルホン酸化合物

(ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ナフタレンスルホン酸ナトリウム等) がアニオン供出化合物として用いられる。

また、有機スルホン酸アニオンのうち、さらに有効なドーパントとしては、分子内に1つ以上のスルホアニオン基 ($-SO_3^-$) とキノン構造を有するス

5 ルホキノン化合物や、アントラセンスルホン酸アニオンが挙げられる。

前記スルホキノン化合物のスルホキノンアニオンの基本骨格として、p-ベンゾキノン、o-ベンゾキノン、1, 2-ナフトキノン、1, 4-ナフトキノン、2, 6-ナフトキノン、9, 10-アントラキノン、1, 4-アントラキノン、1, 2-アントラキノン、1, 4-クリセンキノン、5, 6-クリセンキノン、6, 12-クリセンキノン、アセナフトキノン、アセナフテンキノン、カンホルキノン、2, 3-ボルナンジオン、9, 10-フェナントレンキノン、2, 7-ピレンキノンが挙げられる。

他方の電極(対極)が固体の場合には、所望により用いられる外部引き出しリード(例えば、リードフレームなど)との電気的接触をよくするため、

15 その上に導電体層を設けてもよい。

導電体層としては、例えば、導電ペーストの固化、メッキ、金属蒸着、耐熱性の導電樹脂フィルムなどにより形成することができる。導電ペーストとしては、銀ペースト、銅ペースト、アルミペースト、カーボンペースト、ニッケルペーストなどが好ましいが、これらは、1種を用いても2種以上を用いててもよい。2種以上を用いる場合、混合してもよく、または別々の層として重ねてもよい。導電ペースト適用した後、空気中に放置するか、または加熱して固化せしめる。メッキとしては、ニッケルメッキ、銅メッキ、銀メッキ、アルミメッキなどが挙げられる。また、蒸着金属としては、アルミニウム、ニッケル、銅、銀などが挙げられる。

25 具体的には、例えば第二の電極上にカーボンペースト、銀ペーストを順次積層し、エポキシ樹脂のような材料で封止してコンデンサが構成される。こ

のコンデンサは、ランタン含有ニオブ焼結体と一緒に焼結成形された、または、後で溶接されたニオブまたは、タンタルリードを有していてもよい。

以上のような構成の本発明のコンデンサは、例えば、樹脂モールド、樹脂ケース、金属性の外装ケース、樹脂のディッピング、ラミネートフィルムによる外装により各種用途のコンデンサ製品とすることができます。

また、他方の電極が液体の場合には、前記両極と誘電体から構成されたコンデンサを、例えば、他方の電極と電気的に接続した缶に収納してコンデンサが形成される。この場合、ランタン含有ニオブ焼結体の電極側は、前記したニオブまたはタンタルリードを介して外部に導出すると同時に、絶縁性ゴムなどにより、缶との絶縁がはかられるように設計される。

以上、説明した本発明の実施態様にしたがって製造したニオブ粉を用いてコンデンサ用焼結体を作製し、該焼結体からコンデンサを製造することにより、耐熱性を伴った漏れ電流値の小さい信頼性の良好なコンデンサを得ることができる。

また、本発明のコンデンサは、従来のタンタルコンデンサよりも容積の割に静電容量が大きく、より小型のコンデンサ製品を得ることができる。これらの特性を持つ本発明のコンデンサは、例えば、アナログ回路及びデジタル回路中のバイパスコンデンサ、カップリングコンデンサとしての用途、電源回路で使用される大容量の平滑コンデンサとしての用途、及び従来のタンタルコンデンサの用途にも適用できる。

一般に、このようなコンデンサは電子回路中で多用されるので、本発明のコンデンサを用いれば、電子部品の配置や排熱の制約が緩和され、信頼性の高い電子回路を従来より狭い空間に収めることができる。

さらに、本発明のコンデンサを用いれば、従来より小型で信頼性の高い電子機器、例えば、コンピュータ、PCカード等のコンピュータ周辺機器、携帯電話などのモバイル機器、家電製品、車載機器、人口衛星、通信機器等を

得ることができる。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施例について具体的に説明するが、本発明はこれらの実
5 施例に限定されるものではない。

本実施例において、クロム、モリブデン、タンクステン、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマス、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、
10 ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン、テルルからなる群から選ばれた少なくとも
15 1種の元素を含むニオブ粉の焼結体（以下「ニオブ焼結体」又は単に「焼結体」と略する。）の容量及び漏れ電流値は、以下の方法により測定した。

焼結体の容量測定：

室温において、30%硫酸中に浸漬させたニオブ焼結体と硫酸液中に入れ
20 たタンタル材の電極との間にヒューレットパッカード社製の測定器（プレシジョンLCRメーターHP 4284A型）に接続して120Hzでの容量を測定、これを焼結体の容量（単位は $\mu F \cdot V/g$ ）とした。

焼結体の漏れ電流測定：

25 室温において、20%リン酸水溶液中に浸漬させた焼結体とリン酸水溶液中に入れた電極との間に、誘電体作製時の化成電圧（直流）の70%の電圧

を3分間印加し続けた後に、測定された電流値を焼結体の漏れ電流値（L C 値、単位は $\mu A/g$ ）とした。本発明では14Vの電圧を印加した。

本実施例におけるチップ加工したコンデンサの容量、漏れ電流値は以下のように測定した。

5

コンデンサの容量測定：

室温において、作製したチップの端子間にヒューレットパッカード社製L C R測定器を接続し、120Hzでの容量をチップ加工したコンデンサの容量とした。コンデンサの漏れ電流測定：

10 室温において、定格電圧値（2.5V、4V、6.3V、10V、16V、25V等）のうち、誘電体作製時の化成電圧の約1/3～約1/4に近い直流電圧を、作製したチップの端子間に1分間印加し続けた後に測定された電流値をチップに加工したコンデンサの漏れ電流値とした。本発明では、6.3Vの電圧を印加した。

15

実施例1

ニオブインゴット92gとタングステンの粉末1.8gを用い、アーク溶解でタングステンを1モル%含むタングステン含有ニオブインゴット（合金）を作製した。このインゴット50gをSUS304製の反応容器に入れ、40℃で10時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたタングステン含有ニオブ塊を、SUS製ボールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。

次に、SUS304製の湿式粉碎機（アトランタ社製、商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ、7時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を1×133Pa、50℃の

条件で真空乾燥した。

続いて、水素化タングステン含有ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa、400 °Cで1時間加熱し脱水素した。作製したタングステン含有ニオブ粉の平均粒径は 1 μm であり、タングステン含有量を原子吸光分析により測定したところ、1モル%であった。このようにして得られた、タングステン含有ニオブ粉を 3.99×10^{-3} Pa の減圧下、1150°Cで造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 150 μm の造粒粉を得た。

このようにして得られた、タングステン含有ニオブ造粒粉を 0.3mm φ のニオブ線と共に成型し、およそ 0.3 cm × 0.18 cm × 0.45 cm の成型体（約 0.1 g）を作製した。

次にこれらの成型体を 3.99×10^{-3} Pa の減圧下、1200°Cで30分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1%リン酸水溶液中で、80 °Cの温度で200分間、20 Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中での容量と、20%リン酸水溶液中での漏れ電流（以下「LC」と略す）を各々測定した。その結果を表5に示す。

実施例 2～9

前述の周期律表第6属遷移元素（クロム、モリブデン、タングステンから選択される少なくとも1種を使用）を含むニオブ焼結体を作製するために、該周期律表第6属遷移元素の粉末とニオブインゴットを任意の割合で用い、アーク溶解で周期律表第6属遷移元素含有ニオブインゴットを作成した。以下、このインゴット 50 gについて実施例2と同様な装置を用いて時間を変化させて粉碎した。この様にして得られた周期律表第6属遷移元素含有ニオブ粉を用い、焼結体を作成し、容量とLCを各々測定した。その結果を表5に示す。

比較例 1 ~ 4

実施例 1 ~ 9 と比較するため、周期律表第 6 属遷移元素を含まないニオブ粉を実施例 1 と同様な操作で作成した。このニオブ粉を用いて実施例 1 と同様な操作で焼結体を作成して容量と LC を測定した。その結果を表 5 に示す。

表 5

	組成比(モル比)				平均粒径 (μm)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
	Nb	Cr	Mo	W			
実施例1	99	—	—	1	1.0	120000	36
実施例2	99	—	1	—	1.0	118000	42
実施例3	99	1	—	—	1.0	115000	52
実施例4	99	—	0.5	0.5	1.0	121000	42
実施例5	99	0.2	—	0.8	1.0	119000	40
実施例6	99	—	—	1	0.5	240000	132
実施例7	99	—	—	1	0.7	169000	97
実施例8	99	—	—	1	1.3	99000	27
実施例9	99	—	—	1	3.2	31000	3
比較例1	100	—	—	—	0.5	210000	2210
比較例2	100	—	—	—	0.7	139000	1570
比較例3	100	—	—	—	1.0	101000	592
比較例4	100	—	—	—	1.3	85000	389

実施例 10 ~ 15

タンクスチン含有ニオブ粉のタンクスチン含有量を変化させるために、ア
ーク溶解で処理する、ニオブ量、タンクスチン量を変化させてタンクスチン
を 0.01~1.0 モル% 含む、タンクスチン含有ニオブインゴットを作製した。
以下、各タンクスチン濃度を有するタンクスチン含有ニオブインゴット 50
g について、実施例 1 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と LC を各々測
定した。その結果を表 8 に示す。

比較例 5、実施例 1 6

実施例 1 0 ~ 1 5 と比較するため、タングステンを 0 モル%、及び 1 5. 5 モル% 含むタングステン含有ニオブインゴットを作製した。以下、各タングステン濃度を有するタングステン含有ニオブインゴット 5 0 g について、

5 実施例 1 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 6 に示す。

表 6

	タングステン含有量 モル%	平均粒径 (μ m)	容量 (μ F·V/g)	LC (μ A/g)
実施例 10	0. 02	1. 0	111000	79
実施例 11	0. 05	1. 0	113000	71
実施例 12	0. 5	1. 0	121000	39
実施例 13	3. 1	1. 0	119000	39
実施例 14	6. 2	1. 0	117000	63
実施例 15	10. 0	1. 0	109000	76
比較例 5	0. 00	1. 0	101000	592
実施例 16	15. 5	1. 0	67000	89

実施例 1 7 ~ 2 2

10 ニオブインゴット 1 0 0 g を SUS 3 0 4 製の反応容器に入れ、4 0 0 ℃ で 1 0 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を SUS 製ポールを入れた SUS 3 0 4 製のポットに入れ 1 0 時間粉碎した。次に、SUS 3 0 4 製の湿式粉碎機（商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で 2 0 体積% のスラリーにしたもの及びジルコニアポールを入れ 7 時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1 3 3 P a、5 0 ℃ の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を 1.33×10^{-2} P a、4 0 0 ℃ で 1 時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1. 3 μ m であった。

このニオブ粉に、平均粒径が約 $1\text{ }\mu\text{m}$ の炭化タングステン、酸化タングステン、又はタングステン金属のいずれか一種を任意の割合で混合した。この様にして得られた、タングステンを含有するニオブ粉を $3.99 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ の減圧下、 1150°C で造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $190\text{ }\mu\text{m}$ の造粒粉を得た。⁵ このようにして得られた、タングステンを含有するニオブ造粒粉を $0.3\text{ mm}\phi$ のニオブ線と共に成型し、およそ $0.3\text{ cm} \times 0.18\text{ cm} \times 0.45\text{ cm}$ の成型体（約 0.1 g ）を作製した。

次にこれらの成型体を $3.99 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ の減圧下、 1230°C で 30 分 放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、 0.1% リン酸水溶液中で、¹⁰ 80°C の温度で 200 分間 、 20 V の電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、 30% 硫酸中での容量と、 20% リン酸水溶液中でのLCを各々測定した。その結果を表7に示す。

表7

	タングステン種	タングステン含有量(モル%)	容量($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC($\mu\text{A/g}$)
実施例17	WC	0.2	100000	35
実施例18	WC	1.0	98000	26
実施例19	WO ₂	0.5	99000	27
実施例20	WO ₂	2.2	97000	28
実施例21	W	0.05	101000	40
実施例22	W	0.7	99000	29

15 実施例23～27

タングステン含有ニオブ窒化物を得るために、実施例15と同様な方法で作製したタングステンを 1.2 モル\% 含む平均粒径 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ のタングステン含有ニオブ粉 10 g をSUS304製の反応容器に入れ、 300°C で $0.5\text{ 時間} \sim 20\text{ 時間}$ 窒素を導入し続けて、タングステン含有ニオブ窒化物を得た。こ

の窒化物を熱電導度から窒素量を求める LECO 社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02 ~ 0.89 質量% であった。

5 このようにして得られた、タンクスチタン含有ニオブ窒化物を実施例 1 と同様な操作で造粒、成型、焼結し、得られた焼結体を 0.1% リン酸水溶液中で、80℃ の温度で 200 分間、20V の電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30% 硫酸中の容量と、20% リン酸水溶液中の LC を各々測定した。その結果を表 8 に示す。

表 8

	タンクスチタン含有量 (モル%)	窒素含有量 (質量%)	容量 (μF・V/g)	LC (μA/g)
実施例 23	1.2	0.02	140000	65
実施例 24	1.2	0.01	136000	58
実施例 25	1.2	0.28	138000	55
実施例 26	1.2	0.43	141000	63
実施例 27	1.2	0.89	139000	71

10

実施例 28 ~ 30

タンクスチタン含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなる焼結体を得るために実施例 1 と同様な方法でタンクスチタンを 10 モル% 含む、平均粒径 1.0 μm のタンクスチタン含有ニオブ粉を得た。これとは別に、ニッケル製坩堝中、15 80℃ で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム 20 g にナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの 10 倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下 100 0℃ で 20 時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95% 硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。

さらにシリカアルミナポール入りのアルミナポットのポールミルを用いて 20 40 時間粉碎した後、粉碎物を 50% 硝酸と 10% 過酸化水素水の 3 : 2

(質量比) 混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.2\mu m$ であった。

このようにして得られた、タンクステン含有ニオブ粉とニオブ粉を任意の5割合で充分に混合し、実施例15と同様な方法で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この焼結体について容量、LCを各々測定した。その結果を表9に示す。

実施例31～33

10 タンクステン含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなるタンクステン含有ニオブ窒化物の焼結体を得るために実施例15と同様な方法でタンクステンを10モル%含む、平均粒径 $1.0\mu m$ のタンクステン含有ニオブ粉を得た。これとは別に、ニオブインゴット $50g$ をSUS304製の反応容器に入れ、400℃で12時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を、15 鉄製ボールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。

さらに、この粉碎物を前述したSUS304製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS304製の湿式粉碎機（商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ6時間湿式粉碎した。

20 このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $133Pa$ 、 $50^\circ C$ の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.33 \times 10^{-2} Pa$ の減圧下、 $400^\circ C$ で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.3\mu m$ であった。

このようにして得られた、タンクステン含有ニオブ粉とニオブ粉を任意の25割合で充分に混合し、実施例25と同様な方法で窒化物を得た後、造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この焼結体について容量、LCを各々測定

した。その結果を表9に示す。

表9

	ニオブ粉種	混合比	容量 (μ F·V/g)	LC (μ A/g)
実施例28	還元粉	90:10	110000	73
実施例29	還元粉	50:50	117000	55
実施例30	還元粉	10:90	119000	38
実施例31	粉碎粉	80:20	111000	68
実施例32	粉碎粉	40:60	118000	52
実施例33	粉碎粉	20:80	121000	41

実施例34～35

5 実施例34は実施例1と、実施例35は実施例11と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶液に浸漬後220℃で30分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化10マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均(n=各50個)を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

15

実施例36～37

実施例36は実施例8と、実施例37は実施例15と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮

膜を形成した。次に、35%酢酸鉛水溶液と35%過硫酸アンモニウム水溶液の1:1(容量比)混合液に浸漬後、40℃で1時間反応させることを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化鉛と硫酸鉛の混合層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。

次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均($n=各50個$)を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

10

実施例38～40

実施例38は実施例7と、実施例39は実施例12と、実施例40は実施例25と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液とアントラキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極(対極)を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均($n=各50個$)を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

25 比較例6～8

ニッケル製坩堝中、80℃で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム

20 gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000°Cで20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのポールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2(質量比)混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は1.3 μmであった。この様にして得られた、ニオブ粉30 gをSUS304製の反応容器に入れ、300°Cで0.5~4時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。

この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02~0.30質量%であった。このニオブ窒化物を実施例1と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶液に浸漬後220°Cで30分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均(n=各50個)を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

比較例9~11

ニオブインゴット50 gをSUS304製の反応容器に入れ、400°Cで12時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を鉄製ボールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。さらに、この粉

碎物を前述したSUS304製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS304製の湿式粉碎機（商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ6時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を133Paの減圧下、50℃の条件で真空乾燥した。

続いて、水素化ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Paの減圧下、400℃で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.0 \mu\text{m}$ であった。ニオブ粉30gをSUS304製の反応容器に入れ、300℃で0.5~3時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.03~0.28質量%であった。このニオブ窒化物を実施例1と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液とアントラキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。

次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

実施例 4 1 は実施例 2 5 と同様な方法で得た焼結体を 50 個用意した。これらの焼結体を 20 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、200 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、このニオブ焼結体を、過硫酸アンモニウム 2.5 質量% を含む水溶液（溶液 1 A）に浸漬した後引き上げ、80 °C で 30 分乾燥させ、次いで誘電体を形成した焼結体を、3, 4-エチレンジオキシチオフェン 1.8 質量% を含むイソプロパノール溶液（溶液 2）に浸漬した後引き上げ、60 °C の雰囲気に 10 分放置することで酸化重合を行った。

これを再び溶液 1 A に浸漬し、さらに前記と同様に処理した。溶液 1 A に 10 浸漬してから酸化重合を行うまでの操作を 8 回繰り返した後、50 °C の温水で 10 分洗浄を行い、100 °C で 30 分乾燥を行うことにより、導電性のポリ（3, 4-エチレンジオキシチオフェン）からなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と L C 値の平均（n = 50 個）を表 10 に示す。尚、L C 値は室温で 6.3 [V] 、1 分間印加した時の値である。

20 実施例 4 2

実施例 1 2 と同様な方法で得た焼結体を 50 個用意した。これらの焼結体を 20 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、200 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、このニオブ焼結体を、過硫酸アンモニウム 2.5 質量% とアントラキノン-2-スルホン酸ナトリウムを 3 質量% 含む水溶液（溶液 1 B）に浸漬した後、これを引き上げ、80 °C で 30 分乾燥させ、次いで誘電体を形成した焼結体を、3, 4-エチレンジオキシチ

オフェン 1.8 質量%を含むイソプロパノール溶液（溶液2）に浸漬した後引き上げ、60℃の雰囲気に10分放置することで酸化重合を行った。

これを再び溶液1Bに浸漬し、さらに前記と同様に処理した。溶液1Bに浸漬してから酸化重合を行うまでの操作を8回繰り返した後、50℃の温水で10分洗浄を行い、100℃で30分乾燥を行うことにより、導電性のポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）からなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=50個）を表10に示す。尚、LC値は室温で6.3[V]、1分間印加した時の値である。

表10

	窒素含有量 (質量%)	容量 (μF)	LC (μA)	LCが100μAを越す個数
実施例34	—	539	25	0/50
実施例35	—	506	50	0/50
実施例36	—	440	17	0/50
実施例37	—	491	69	0/50
実施例38	—	763	67	0/50
実施例39	—	548	26	0/50
実施例40	0.28	621	40	0/50
比較例6	0.02	399	46	1/50
比較例7	0.09	393	42	1/50
比較例8	0.30	384	30	0/50
比較例9	0.03	454	48	1/50
比較例10	0.14	449	44	0/50
比較例11	0.28	459	40	0/50
実施例41	0.28	619	38	0/50
実施例42	—	545	23	0/50

実施例4 3

ニオブインゴット 9.3 g とホウ素の粉末 0.25 g を用い、アーク溶解でホウ素を 2 モル% 含むホウ素含有ニオブインゴット（合金）を作製した。このインゴット 5.0 g をSUS304 製の反応容器に入れ、400℃で 10 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたホウ素含有ニオブ塊を、SUS 製ポールを入れた SUS304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。次に、SUS304 製のスパイクミルに、この水素化物を水で 20 体積% のスラリーにしたもの及びジルコニアポールを入れ、10℃以下で 7 時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1.33×10^{-2} Pa、50℃の条件で真空乾燥した。

続いて、水素化ホウ素含有ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa、400℃で 1 時間加熱し脱水素した。作製したホウ素含有ニオブ粉の平均粒径は $1.0 \mu\text{m}$ であり、ホウ素含有量を原子吸光分析により測定したところ、2 モル% であった。このようにして得られた、ホウ素含有ニオブ粉を 3.99×10^{-3} Pa の減圧下、1000℃で造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $100 \mu\text{m}$ の造粒粉を得た。

このようにして得られた、ホウ素含有ニオブ造粒粉を $0.3 \text{ mm} \phi$ のニオブ線と共に成形し、およそ $0.3 \text{ cm} \times 0.18 \text{ cm} \times 0.45 \text{ cm}$ の成形体（約 0.1 g）を作製した。

次にこれらの成形体を 3.99×10^{-3} Pa の減圧下、1200℃で 30 分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1% リン酸水溶液中で、80℃の温度で 200 分間、20 V の電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30% 硫酸中での容量と、20% リン酸水溶液中での漏れ電流（LC）を各々測定した。その結果を表 1-1 に示す。

前述のホウ素、アルミニウムを含むニオブ焼結体を作製するために、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウムの粉末とニオブインゴットを任意の割合で用い、アーク溶解でホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム含有ニオブインゴットを作成した。以下、このインゴット 50 g について実施例 4 3 と同様な装置を用いて時間を変化させて粉碎した。この様にして得られたホウ素、アルミニウム含有ニオブ粉を用い、焼結体を作成し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 1 1 に示す。

比較例 1 2 ~ 1 5

10 実施例 4 3 ~ 5 5 と比較するため、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムを含まない平均粒径の異なるニオブ粉 4 種を実施例 1 と同様な操作で作成した。このニオブ粉を用いて実施例 4 3 と同様な操作で焼結体を作成して容量と LC を測定した。その結果を表 1 1 に示す。

表 1 1

	組成 (モル比)						平均粒径 (μm)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
	Nb	B	Al	Ga	In	Tl			
実施例	43	98	2.0	-	-	-	1.0	115000	28
	44	99	-	1.0	-	-	1.0	114000	33
	45	99	-	-	1.0	-	1.0	115000	37
	46	99	-	-	-	1.0	1.0	116000	39
	47	99	-	-	-	-	1.0	114000	39
	48	98	1.0	1.0	-	-	1.0	115000	32
	49	98	0.5	1.5	-	-	1.0	114000	33
	50	98	1.5	0.5	-	-	1.0	116000	30
	51	98	2.0	-	-	-	0.1	540000	344
	52	98	2.0	-	-	-	0.5	240000	153
	53	98	2.0	-	-	-	0.7	155000	75
	54	98	2.0	-	-	-	1.3	95000	18
	55	98	2.0	-	-	-	3.2	35000	2
比較例	12	100	-	-	-	-	0.5	182000	2120
	13	100	-	-	-	-	0.7	120000	1074
	14	100	-	-	-	-	1.0	87000	424
	15	100	-	-	-	-	1.3	74000	233

実施例 5 6 ~ 6 3

ホウ素含有ニオブ粉のホウ素含有量を変化させるために、アーク溶解で処理する、ニオブ量、ホウ素量を変化させてホウ素を 0.02~9.8 モル%含む、
 5 ホウ素含有ニオブインゴットを作製した。以下、各ホウ素濃度を有するホウ素含有ニオブインゴット 50 g について、実施例 1 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 1 2 に示す。

比較例 1 6 ~ 1 8

10 実施例 5 2 ~ 5 9 と比較するため、ホウ素を 0 モル%、13.3 モル%及び 17.5 モル%含むホウ素含有ニオブインゴットを作製した。以下、各ホウ素濃度を有するホウ素含有ニオブインゴット 50 g について、実施例 4 3 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 1 2 に示す。

表 1 2

		ホウ素含有量 (モル%)	平均粒径 (μm)	焼結温度 (°C)	容量 (μF·V/g)	LC (μA/g)
実 施 例	56	0.02	1.0	1200	105000	52
	57	0.10	1.0	1200	112000	43
	58	1.1	1.0	1200	113000	36
	43	2.0	1.0	1200	115000	28
	59	3.0	1.0	1200	117000	28
	60	4.1	1.0	1200	116000	29
	61	5.2	1.0	1200	112000	32
	62	7.5	1.0	1200	105000	38
	63	9.8	1.0	1200	98000	43
比 較 例	16	0.0	1.0	1200	88000	420
	17	13.3	1.0	1200	85000	49
	18	17.5	1.0	1200	79000	52

実施例 6 4～6 9

ニオブインゴット 100 g をSUS304製の反応容器に入れ、400℃で10時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊をSUS製ポールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。次に、SUS304製のスパイクミルに、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ7時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $1.33 \times 10^2 \text{ Pa}$ 、50℃の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.33 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 、400℃で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.1 \mu\text{m}$ であった。このニオブ粉に、平均粒径が約 $1 \mu\text{m}$ の2ホウ化ニオブ、酸化ホウ素、またはホウ素のいずれか一種を任意の割合で混合した。この様にして得られた、ホウ素を含有するニオブ粉を $3.99 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ の減圧下、1050℃で造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $90 \mu\text{m}$ の造粒粉を得た。このようにして得られた、ホウ素を含有するニオブ造粒粉を $0.3\text{mm}\phi$ のニオブ線と共に成形し、およそ $0.3\text{cm} \times 0.18\text{cm} \times 0.45\text{cm}$ の成形体（約 0.1 g）を作製した。次にこれらの成形体を $3.99 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ の減圧下、1200℃で30分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1%リン酸水溶液中で、80℃の温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中の容量と、20%リン酸水溶液中のLCを各々測定した。その結果を表13に示す。

表13

		ホウ素種	ホウ素含有量 (%)	容量 (μF·V/g)	LC (μA/g)
実 施 例	64	NbB ₂	2.9	117000	30
	65	NbB ₂	1.2	112000	38
	66	BO ₃	3.8	113000	34
	67	BO ₃	2.2	112000	32
	68	B	0.5	112000	38
	69	B	1.1	114000	39

実施例70～74

ホウ素含有ニオブ窒化物を得るために、実施例43と同様な方法で作製したホウ素を3.2モル%含む平均粒径0.9μmのホウ素含有ニオブ粉10gをSUS304製の反応容器に入れ、300℃で0.5時間～20時間窒素を導入し続けて、ホウ素含有ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02～0.89質量%であった。

このようにして得られた、ホウ素含有ニオブ窒化物を実施例43と同様な操作で造粒、成形、焼結し、得られた焼結体を0.1%リン酸水溶液中で、80℃の温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中の容量と、20%リン酸水溶液中のLCを各々測定した。その結果を表14に示す。

表14

		ホウ素含有量 (モル%)	窒素含有量 (質量%)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
実施例	70	3.2	0.02	129000	31
	71	3.2	0.10	128000	30
	72	3.2	0.28	128000	28
	73	3.2	0.43	127000	33
	74	3.2	0.89	128000	39

実施例75～76

ホウ素含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなる焼結体を得るために実施例43と同様な方法でホウ素を6.9モル%含む、平均粒径1.0 μm のホウ素含有ニオブ粉を得た。

これとは別に、ニッケル製坩堝中、80℃で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム20gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000℃で20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのボールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2(質量比)混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は1.2 μm であった。

このようにして得られた、ホウ素含有ニオブ粉とニオブ粉を表15に示す割合で充分に混合し、実施例1と同様な方法で造粒、成形、焼結を行って焼結体を得た。この焼結体について容量、LCを各々測定した。その結果を表15に示す。

実施例 77～80

ホウ素含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなるホウ素含有ニオブ窒化物の焼結体を得るために実施例 43 と同様な方法でホウ素を 6.9 モル%含む、平均粒径 1.0 μm のホウ素含有ニオブ粉を得た。これとは別に、ニオブイン 5 ゴット 50 g を SUS 304 製の反応容器に入れ、400 °C で 12 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を、鉄製ポールを入れたSUS 304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。さらに、この粉碎物を前述した SUS 304 製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS 304 製のスパイクミルに、この水素化物を水で 20 体積% のスラリー 10 一にしたもの及びジルコニアボールを入れ 6 時間湿式粉碎した。

このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $1.33 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 、50 °C の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.33 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の減圧下、400 °C で 1 時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1.1 μm であった。

15 このようにして得られた、ホウ素含有ニオブ粉とニオブ粉を任意の割合で充分に混合し、実施例 68 と同様な方法で窒化物を得た後、造粒、成形、焼結を行って焼結体を得た。この焼結体について容量、LC を各々測定した。その結果を表 15 に示す。

表 15

		ニオブ 粉種	混合比 (ホウ素含有ニオブ 粉 :ニオブ 粉)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
実 施 例	75	還元粉	90:10	109000	36
	76	還元粉	50:50	117000	28
	77	還元粉	10:90	111000	41
	78	粉碎粉	80:20	113000	33
	79	粉碎粉	40:60	116000	27
	80	粉碎粉	20:80	114000	36

実施例 8 1～8 2

実施例 8 1 は実施例 4 3 と、実施例 8 2 は実施例 4 4 と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各 50 個用意した。これらの焼結体を 20 V の電圧で、
5 0.1% リン酸水溶液を用い、200 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60% 硝酸マンガン水溶液に浸漬後 220 ℃ で 30 分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止
10 して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と L C 値の平均 ($n=50$ 個) を表 16 に示す。なお、L C 値は室温で 6.3V、1 分間印加した時の値である。

実施例 8 3～8 4

15 実施例 8 3 は実施例 5 3 と、実施例 8 4 は実施例 4 8 と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各 50 個用意した。これらの焼結体を 20 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、200 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、35% 酢酸鉛水溶液と 35% 過硫酸アンモニウム水溶液の 1 : 1 (容量比) 混合液に浸漬後、40 ℃ で 1 時間反応させることを繰
20 り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化鉛と硫酸鉛の混合層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と L C 値の平均 ($n=50$ 個) を表 16 に示す。尚、L C 値は室温で 6.3V、1 分間印
25 加した時の値である。

実施例 8 5～8 8

実施例 8 5 は実施例 5 8 と、実施例 8 6 は実施例 4 9 と、実施例 8 7 は実施例 6 7 と、実施例 8 8 は実施例 7 1 と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各 5 0 個用意した。これらの焼結体を 2 0 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、2 0 0 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム 1 0 % 水溶液とアントラキノンスルホン酸 0.5% 水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも 5 回行うことによりポリピロールからなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と L C 値の平均（n = 各 5 0 個）を表 1 6 に示す。なお、L C 値は室温で 6.3 V、1 分間印加した時の値である。

15

実施例 8 9～9 3

実施例 8 9 は実施例 5 9 と、実施例 9 0 は実施例 5 0 と、実施例 9 1 は実施例 6 5 と、実施例 9 2 は実施例 7 2 と、実施例 9 3 は実施例 7 6 と、同様な方法で得た焼結体を各 5 0 個用意した。これらの焼結体を 2 0 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、2 0 0 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、この二オブ焼結体を、過硫酸アンモニウム 2 5 質量% を含む水溶液（溶液 1）に浸漬した後引き上げ、8 0 ℃ で 3 0 分乾燥させ、次いで誘電体を形成した焼結体を、3, 4-エチレンジオキシチオフェン 1 8 質量% を含むイソプロパノール溶液（溶液 2）に浸漬した後引き上げ、6 0 ℃ の雰囲気に 1 0 分放置することで酸化重合を行った。これを再び溶液 1 に浸漬し、さらに前記と同様に処理した。溶液 1 に浸漬してから酸化重合を

行うまでの操作を8回繰り返した後、50℃の温水で10分洗浄を行い、100℃で30分乾燥を行うことにより、導電性のポリ（3，4-エチレンジオキシチオフェン）からなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表16に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

10 比較例18～20

ニッケル製坩堝中、80℃で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム20gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000℃で20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのボールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2（質量比）混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は1.3μmであった。この様にして得られた、ニオブ粉30gをSUS304製の反応容器に入れ、300℃で0.5～4時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02～0.30質量%であった。このニオブ窒化物を実施例43と同様の操作で造粒、成形、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶

液に浸漬後 220℃で 30 分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と LC 値の平均 (n=各 50 個) を表 16 に示す。尚、LC 値は室温で 6.3V、1 分間印加した時の値である。

比較例 21～23

ニオブインゴット 50 g を SUS 304 製の反応容器に入れ、400℃で 12 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を鉄製ボールを入れた SUS 304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。さらに、この粉碎物を前述した SUS 304 製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS 304 製の湿式粉碎機（商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で 20 体積% のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ 6 時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $1:33 \times 10^2$ Pa の減圧下、50℃の条件下真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa の減圧下、400℃で 1 時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1.0 μm であった。ニオブ粉 30 g を SUS 304 製の反応容器に入れ、300℃で 0.5～3 時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求める LECO 社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.03～0.28 質量% であった。このニオブ窒化物を実施例 43 と同様の操作で造粒、成形、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体 50 個について、20V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、200 分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム

10 %水溶液とアントラキノンスルホン酸 0.5 %水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表16に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

表16

		窒素含有量 (質量%)	容量 (μF)	LC (μA)	LCが100μA を越す個数
実施例	81	-	529	17	0/50
	82	-	513	23	0/50
	83	-	690	53	0/50
	84	-	500	22	0/50
	85	-	480	21	0/50
	86	-	513	23	0/50
	87	-	520	25	0/50
	88	0.10	557	22	0/50
	89	-	521	20	0/50
	90	-	528	22	0/50
	91	-	493	28	0/50
	92	-	589	20	0/50
	93	0.28	527	18	0/50
比較例	18	0.02	399	46	1/50
	19	0.09	393	42	1/50
	20	0.30	384	30	0/50
	21	0.03	454	48	1/50
	22	0.14	449	44	0/50
	23	0.28	459	40	0/50

10 実施例94

ニオブインゴット92gとレニウムの粉末1.9gを用い、アーク溶解でレニウムを1モル%含むレニウム含有ニオブインゴット（合金）を作製した。

このインゴット 50 g を S U S 3 0 4 製の反応容器に入れ、400℃で 10 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたレニウム含有ニオブ塊を、S U S 製ボールを入れた S U S 3 0 4 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。次に、S U S 3 0 4 製のスパイクミルに、この水素化物を水で 20 体積% の
5 スラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ、10℃以下で 7 時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1.33×10^{-2} Pa、50℃の条件で真空乾燥した。

続いて、水素化レニウム含有ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa、400℃で 1 時間加熱し脱水素した。作製したレニウム含有ニオブ粉の平均粒径は 1 μ m であり、レニウム含有量を原子吸光分析により測定したところ、1 モル% であった。このようにして得られた、レニウム含有ニオブ粉を 4×10^{-3} Pa の減圧下、1000℃で造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 100 μ m の造粒粉を得た。

このようにして得られた、レニウム含有ニオブ造粒粉を 0.3mm ϕ のニオブ線と共に成型し、およそ 0.3 cm × 0.18 cm × 0.45 cm の成型体（約 0.1 g）を作製した。

次にこれらの成型体を 4×10^{-3} Pa の減圧下、1200℃で 30 分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1% リン酸水溶液中で、80℃の温度で 200 分間、20 V の電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30% 硫酸中の容量と、20% リン酸水溶液中の漏れ電流（以下「LC」と略す）を各々測定した。その結果を表 17 に示す。

実施例 95～117

25 前述のセリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマス

の少なくとも 1 種の元素を含むニオブ焼結体を作製するために、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスの粉末とニオブインゴットを任意の割合で用い、アーク溶解でセリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスの少なくとも 1 種の元素含有ニオブインゴットを作成した。以下、このインゴット 50 g について実施例 1 と同様な装置を用いて時間を変化させて粉碎した。この様にして得られたセリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、
10 硅素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマス含有ニオブ粉を用い、焼結体を作成し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 17 に示す。

漏れ電流値を最も低くする効果をもつのはレニウムであり、次に亜鉛、砒素、リン、ゲルマニウム、スズの順となる。セリウム、ネオジム、チタン、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、珪素、ビスマスは、ほぼ同じ漏れ電流値を示し、スズに続く。したがって、本発明ではニオブ粉にレニウムを含有させることが最も好ましく、次に、亜鉛が好ましい。
15

比較例 24～27

実施例 94～117 と比較するため、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマスを含まない平均粒径の異なるニオブ粉 4 種を実施例 94 と同様な操作で作成した。このニオブ粉を用いて実施例 94 と同様な操作で焼結体を作成して容量と LC を測定した。その結果を表 17 に示す。
20

表 1 7

		組成(モル比)	平均粒径 (μ m)	容量 (μ F·V/g)	LC (μ A/g)
実 施 例	94	Nb(99.0) , Re(1.0)	1.0	113000	25
	95	Nb(99.9) , Zn(0.1)	1.0	105000	25
	96	Nb(99.0) , As(1.0)	1.0	104000	26
	97	Nb(98.0) , P(2.0)	1.0	105000	29
	98	Nb(99.0) , Ge(1.0)	1.0	100000	38
	99	Nb(99.0) , Sn(1.0)	1.0	101000	39
	100	Nb(99.0) , Ce(1.0)	1.0	92000	43
	101	Nb(99.0) , Nd(1.0)	1.0	94000	40
	102	Nb(99.7) , Ti(0.3)	1.0	89000	39
	103	Nb(99.9) , Ru(0.1)	1.0	90000	44
	104	Nb(99.8) , Rh(0.2)	1.0	92000	39
	105	Nb(99.8) , Pd(0.2)	1.0	88000	40
	106	Nb(99.9) , Ag(0.1)	1.0	90000	42
	107	Nb(94.0) , Si(6.0)	1.0	95000	44
	108	Nb(99.8) , Bi(0.2)	1.0	91000	42
	109	Nb(95.0) , Re(1.0) , P(4.0)	1.0	115000	29
	110	Nb(97.0) , Re(0.5) , As(2.5)	1.0	111000	27
	111	Nb(99.0) , Re(0.3) , Ge(0.7)	1.0	113000	26
	112	Nb(98.5) , Re(1.0) , Sn(0.5)	1.0	112000	29
	113	Nb(92.0) , Re(0.5) , Si(7.5)	1.0	118000	44
	114	Nb(98.0) , Re(0.8) , Zn(0.2) Ge(1.0)	1.0	113000	22
	115	Nb(99.0) , Re(1.0)	0.5	246000	126
	116	Nb(99.0) , Re(1.0)	0.7	162000	55
	117	Nb(99.0) , Re(1.0)	1.3	96000	12
比較 例	24	Nb(100)	0.5	182000	2120
	25	Nb(100)	0.7	120000	1074
	26	Nb(100)	1.0	87000	424
	27	Nb(100)	1.3	74000	233

実施例 118 ~ 122

5 レニウム含有ニオブ粉のレニウム含有量を変化させるために、アーク溶解で処理する、ニオブ量、レニウム量を変化させてレニウムを 0.01~7 モル% 含む、レニウム含有ニオブインゴットを作製した。以下、各レニウム濃度を有するレニウム含有ニオブインゴット 50 g について、実施例 94 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と LC を各々測定した。その結果を表 1 8 に示

す。

比較例28～30

実施例94および実施例118～122と比較するため、レニウムを0モル%、11モル%及び18モル%含むレニウム含有ニオブインゴットを作製した。以下、各レニウム濃度を有するレニウム含有ニオブインゴット50gについて、実施例94と同様な操作で焼結体を作製し、容量とLCを各々測定した。その結果を表18に示す。

表18

	レニウム含有量 (モル%)	平均粒径 (μm)	焼結温度 (°C)	容量 (μF·V/g)	LC (μA/g)
実施例118	0.01	1.0	1200	95000	65
実施例119	0.1	1.0	1200	106000	39
実施例94	1.0	1.0	1200	113000	25
実施例120	2.0	1.0	1200	112000	28
実施例121	3.0	1.0	1200	113000	26
実施例122	7.0	1.0	1200	109000	32
比較例28	0.00	1.0	1200	86000	420
比較例29	11.0	1.0	1200	85000	59
比較例30	18.1	1.0	1200	80000	62

10

実施例123～128

ニオブインゴット100gをSUS304製の反応容器に入れ、400°Cで10時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊をSUS製ボールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。次に、SUS304製のスパイクミルに、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ7時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を1.33×

10^2 Pa 、 50°C の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.33 \times 10^{-2}\text{ Pa}$ 、 400°C で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.1\mu\text{m}$ であった。

このニオブ粉に、平均粒径が約 $1\mu\text{m}$ の酸化レニウム、硫化レニウム、又はレニウム金属のいずれか一種を任意の割合で混合した。この様にして得られた、レニウムを含有するニオブ粉を $4 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ の減圧下、 1050°C で造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $90\mu\text{m}$ の造粒粉を得た。このようにして得られた、レニウムを含有するニオブ造粒粉を $0.3\text{mm}\phi$ のニオブ線と共に成型し、およそ $0.3\text{cm} \times 0.18\text{cm} \times 0.45\text{cm}$ の成型体（約 0.1g ）を作製した。次にこれらの成型体を $4 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ の減圧下、 1200°C で30分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、 0.1% リン酸水溶液中で、 80°C の温度で200分間、 20V の電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、 30% 硫酸中での容量と、 20% リン酸水溶液中でのLCを各々測定した。その結果を表19に示す。

表19

	レニウム種	レニウム含有量 (モル%)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
実施例123	ReO_2	2.8	115000	27
実施例124	ReO_3	1.2	112000	25
実施例125	Re_2O_7	3.5	114000	26
実施例126	ReS_2	2.3	115000	29
実施例127	Re_2S_7	0.5	112000	31
実施例128	Re	1.0	114000	25

15

実施例129～133

レニウム含有ニオブ窒化物を得るために、実施例94と同様な方法で作製したレニウムを 0.9モル\% 含む平均粒径 $0.9\mu\text{m}$ のレニウム含有ニオブ粉 1.0g をSUS304製の反応容器に入れ、 300°C で $0.5\text{時間}\sim 20\text{時間}$ 窒

素を導入し続けて、レニウム含有ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるL E C O社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02～0.79質量%であった。

5 このようにして得られた、レニウム含有ニオブ窒化物を実施例94と同様な操作で造粒、成型、焼結し、得られた焼結体を0.1%リン酸水溶液中で、80℃の温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中での容量と、20%リン酸水溶液中でのLCを各々測定した。その結果を表20に示す。

表20

	レニウム含有量 (モル%)	窒素含有量 (質量%)	容量 (μF·V/g)	LC (μA/g)
実施例129	0.9	0.02	124000	28
実施例130	0.9	0.11	125000	25
実施例131	0.9	0.27	125000	22
実施例132	0.9	0.45	124000	22
実施例133	0.9	0.79	125000	35

10

実施例134～136

15 レニウム含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなる焼結体を得るために実施例94と同様な方法でレニウムを10モル%含む、平均粒径1.0μmのレニウム含有ニオブ粉を得た。

これとは別に、ニッケル製坩堝中、80℃で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム2000gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000℃で20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのポールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2(質量比)混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充

分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.2 \mu\text{m}$ であった。

このようにして得られた、レニウム含有ニオブ粉とニオブ粉を表 2 1 に示す割合で充分に混合し、実施例 9 4 と同様な方法で造粒、成型、焼結を行つて焼結体を得た。この焼結体について容量、LC を各々測定した。その結果を表 2 1 に示す。

実施例 137 ~ 139

レニウム含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなるレニウム含有ニオブ
10 窒化物の焼結体を得るために実施例 9 4 と同様な方法でレニウムを 10 モル % 含む、平均粒径 $1.0 \mu\text{m}$ のレニウム含有ニオブ粉を得た。これとは別に、ニオブインゴット 50 g を SUS 304 製の反応容器に入れ、 400°C で 12 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を、鉄製ボールを入れた SUS 304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。さらに、この粉碎物を前述した SUS 304 製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS 304 製のスパイクミルに、この水素化物を水で 20 体積% のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ 6 時間湿式粉碎した。

このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $1.33 \times 10^2 \text{ Pa}$ 、 50°C の条件で真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $133 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の減圧下、 400°C で 1 時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.1 \mu\text{m}$ であった。

このようにして得られた、レニウム含有ニオブ粉とニオブ粉を任意の割合で充分に混合し、実施例 131 と同様な方法で窒化物を得た後、造粒、成型、焼結を行つて焼結体を得た。この焼結体について容量、LC を各々測定した。
25 その結果を表 2 1 に示す。

表 2 1

	ニオブ粉種	混合比 (レニウム含有ニオブ粉:ニオブ粉)	容量 (μ F·V/g)	LC (μ A/g)
実施例134	還元粉	90:10	104000	45
実施例135	還元粉	50:50	110000	41
実施例136	還元粉	10:90	114000	26
実施例137	粉碎粉	80:20	104000	46
実施例138	粉碎粉	40:60	111000	38
実施例139	粉碎粉	20:80	115000	25

実施例140～141

実施例140は実施例94と、実施例141は実施例116と、それぞれ
5 同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電
圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体
酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶液に浸漬後220℃で
30分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として
10 二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ベース
ト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂
で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容
量とLC値の平均（n=各50個）を表22に示す。尚、LC値は室温で
6.3V、1分間印加した時の値である。

15 実施例142～143

実施例142は実施例95と、実施例143は実施例128と、それぞれ
同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電
圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体
酸化皮膜を形成した。次に、35%酢酸鉛水溶液と35%過硫酸アンモニウ
ム水溶液の1:1（容量比）混合液に浸漬後、40℃で1時間反応させること
20 を繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化鉛と硫酸鉛

の混合層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表22に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

実施例144～147

実施例144は実施例96と、実施例145は実施例115と、実施例146は実施例132と、実施例147は実施例97と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液とアントラキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表22に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

実施例148～153

実施例148は実施例114と、実施例149は実施例122と、実施例150は実施例123と、実施例151は実施例124と、実施例152は実施例131と、実施例153は実施例136と、同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶

液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、このニオブ焼結体を、過硫酸アンモニウム25質量%を含む水溶液（溶液1）に浸漬した後引き上げ、80℃で30分乾燥させ、次いで誘電体を形成した焼結体を、3,4-エチレンジオキシチオフェン18質量%を含むイソプロパノール溶液（溶液2）に浸漬した後引き上げ、60℃の雰囲気に10分放置することで酸化重合を行った。これを再び溶液1に浸漬し、さらに前記と同様に処理した。溶液1に浸漬してから酸化重合を行うまでの操作を8回繰り返した後、50℃の温水で10分洗浄を行い、100℃で30分乾燥を行うことにより、導電性のポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）からなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表22に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

比較例30～32

ニッケル製坩堝中、80℃で充分に真空乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム2000gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000℃で20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に真空乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのボールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2（質量比）混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、真空乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は1.3μmであった。この様にして得られた、ニオブ粉30gをSUS304製の反応容器

に入れ、300℃で0.5～4時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるL E C O社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02～0.30質量%であった。このニオブ窒化物を実施例1と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。

この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶液に浸漬後220℃で30分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均($n=各50個$)を表22に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

15

比較例33～35

ニオブインゴット50gをSUS304製の反応容器に入れ、400℃で12時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を鉄製ボールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。さらに、この粉碎物を前述したSUS304製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS304製の湿式粉碎機(商品名「アトライタ」)に、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ6時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1.33×10^{-2} Paの減圧下、50℃の条件下真空乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Paの減圧下、400℃で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1.0μ

mであった。ニオブ粉30gをSUS304製の反応容器に入れ、300℃で0.5～3時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.03～0.28質量%で
5 あった。このニオブ窒化物を実施例94と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。

この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、200分間電解化成して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液とアン
10 トロキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と
15 LC値の平均（n=各50個）を表22に示す。尚、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

表 2 2

	窒素含有量 (質量%)	容量 (μ F)	LC (μ A)	LCが100 μ A を越す個数
実施例140	---	502	17	0/50
実施例141	---	689	39	0/50
実施例142	---	473	16	0/50
実施例143	---	507	15	0/50
実施例144	---	447	18	0/50
実施例145	---	1058	83	0/50
実施例146	0.45	558	15	0/50
実施例147	---	468	20	0/50
実施例148	---	497	14	0/50
実施例149	---	474	22	0/50
実施例150	---	483	19	0/50
実施例151	---	489	20	0/50
実施例152	0.28	544	16	0/50
実施例153	---	473	19	0/50
比較例30	0.02	399	46	1/50
比較例31	0.09	393	42	1/50
比較例32	0.30	384	30	0/50
比較例33	0.03	454	48	1/50
比較例34	0.14	449	44	0/50
比較例35	0.28	459	40	0/50

実施例 154

ニオブインゴット 184 g とランタンの粉末 2.8 g を用い、アーク溶解で
 5 ランタンを 1 モル% 含むランタン含有ニオブインゴット（合金）を作製した。
 このインゴット 50 g を SUS 304 製の反応容器に入れ、400 °C で 10 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたランタン含有ニオブ塊を、SUS 製ボールを入れた SUS 304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。
 次に、SUS 304 製のスパイクミルに、この水素化物を水で 20 体積% の

スラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ、7時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1.33×10^{-2} Pa、50°Cの条件で減圧乾燥した。

続いて、水素化ランタン含有ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa、400°Cで1時間加熱し脱水素した。作製したランタン含有ニオブ粉の平均粒径は $1.0 \mu m$ であり、ランタン含有量は1モル%であった。このランタン含有ニオブ粉を 4×10^{-3} Paの減圧下、1100°Cで造粒した。その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $100 \mu m$ の造粒粉を得た。

このようにして得られた、ランタン含有ニオブ造粒粉を $0.3\text{mm}\phi$ のニオブ線と共に成型し、およそ $0.3\text{cm} \times 0.18\text{cm} \times 0.45\text{cm}$ の成型体（約0.1g）を作製した。

次にこれらの成型体を 4×10^{-3} Paの減圧下、1200°Cで30分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1%リン酸水溶液中で、80°Cの温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中での容量と、20%リン酸水溶液中の漏れ電流（以下「LC」と略す）を各々測定した。その結果を表23（No. 1及びNo. 2）に示す。

実施例155～195

前述のルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、プラチナ、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン、テルルの少なくとも1種の元素を含むニオブ焼結体を作製するために、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカン

ジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、プラチナ、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン、
5 テルルの粉末とニオブ粉末を任意の割合で用い、アーク溶解でルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、
10 プラチナ、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン、テルルの少なくとも1種の元素を含有するニオブインゴットを作成した。以下、このインゴット500gについて実施例154と同様な装置を用いて時間を変化させて粉碎した。この様にして得られたルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラ
15 セオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、プラチナ、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン及びテルルからなる群から選ばれる少なくとも1種を含有するニオブ粉を用い、焼結体を作成し、容量とLCを各々
20 測定した。その結果を表23（No. 1及びNo. 2）に示す。

比較例36～39

実施例154～195と比較するため、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、
25 プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテ

チウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、プラチナ、金、カドミウム、水銀、鉛、硫黄、セレン、テルルを含まない平均粒径の異なるニオブ粉4種を実施例1と同様な操作で作成した。このニオブ粉を用いて実施例154と同様な操作で焼結体を作成して容量とLCを測定した。その結果を表23（No. 1及びNo. 2）に示す。

表23（No. 1）

	組成		平均粒径 (μm)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
	元素	モル比			
実施例 154	Nb:La	99:1	1.0	108000	21
実施例 155	Nb:La	99:1	0.5	228000	125
実施例 156	Nb:La	99:1	0.7	151000	55
実施例 157	Nb:La	99:1	1.3	92000	11
実施例 158	Nb:Sc	99.9:0.1	1.0	106000	36
実施例 159	Nb:Y	97:3	1.0	106000	23
実施例 160	Nb:Pr	99:1	1.0	105000	32
実施例 161	Nb:Sm	99:1	1.0	107000	37
実施例 162	Nb:Eu	99.5:0.5	1.0	104000	39
実施例 163	Nb:Gd	98.5:1.5	1.0	103000	40
実施例 164	Nb:Tb	99.8:0.2	1.0	105000	41
実施例 165	Nb:Dy	99:1	1.0	107000	39
実施例 166	Nb:Ho	99.7:0.3	1.0	106000	44
実施例 167	Nb:Er	99.5:0.5	1.0	106000	25
実施例 168	Nb:Tm	99.8:0.2	1.0	103000	37
実施例 169	Nb:Yb	97:3	1.0	105000	26
実施例 170	Nb:Lu	95:5	1.0	104000	27
実施例 171	Nb:Hf	93:7	1.0	105000	35
実施例 172	Nb:V	99.9:0.1	1.0	109000	48
実施例 173	Nb:Os	99.9:0.1	1.0	107000	43
実施例 174	Nb:Ir	99.9:0.1	1.0	107000	44
実施例 175	Nb:Pt	99.8:0.2	1.0	102000	37
実施例 176	Nb:Au	99.8:0.2	1.0	101000	41
実施例 177	Nb:Cd	99.7:0.3	1.0	109000	35
実施例 178	Nb:Hg	99.9:0.1	1.0	101000	43
実施例 179	Nb:Pb	99.9:0.1	1.0	102000	36
実施例 180	Nb:S	95:5	1.0	108000	35

(No. 2)

実施例 181	Nb:Se	99:1	1.0	108000	35
実施例 182	Nb:Te	98:2	1.0	107000	28
実施例 183	Nb:Hf:Lu	92.9:7:0.1	0.7	145000	75
実施例 184	Nb:Cs	99.95:0.05	0.7	153000	120
実施例 185	Nb:Y:Mg	97.99:2:0.01	0.7	150000	81
実施例 186	Nb:Er:Sr	95.9:4:0.1	0.7	146000	132
実施例 187	Nb:Yb:Ba	96.9:3:0.1	0.7	151000	143
実施例 188	Nb:La:Hf	93:1:6	0.5	210000	133
実施例 189	Nb:Y:La:Lu	97.5:1:1:0.5	0.5	225000	156
実施例 190	Nb:La:Er:Yb	96.5:2:0.5:1	0.5	208000	161
実施例 191	Nb:Hf:Te	93:1:5:1	0.5	213000	171
実施例 192	Nb:Y:Os:Ir	96.5:2:0.5:1	1.0	107000	45
実施例 193	Nb:La:Cd:S	93.4:1.5:0.1:5	1.0	106000	39
実施例 194	Nb:Er:Hf:Te	95:0.5:4:0.5	0.7	154000	66
実施例 195	Nb:Gd:Yb:Lu:Se	98:0.5:0.5:0.5:0.5	0.7	143000	78
比較例 36	Nb	100	0.5	182000	2120
比較例 37	Nb	100	0.7	120000	1074
比較例 38	Nb	100	1.0	87000	424
比較例 39	Nb	100	1.3	74000	233

実施例 196～202

ランタン含有量の異なるランタン含有ニオブ粉を得るために、アーク溶解で処理する、ニオブ量、ランタン量を変えて、ランタンを 0.01～20 モル% 含む、ランタン含有ニオブインゴットを作製した。以下、各ランタン濃度を有するランタン含有ニオブインゴット 500 g について、実施例 154 と同様な操作で焼結体を作製し、容量と L C を各々測定した。その結果を表 24 に示す。

表 2 4

	ランタン含有量 (モル%)	平均粒径 (μm)	焼結温度 (°C)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
比較例38	0.00	1.0	1200	87000	424
実施例196	0.01	1.0	1200	95000	65
実施例197	0.1	1.0	1200	106000	33
実施例154	1	1.0	1200	108000	21
実施例198	2	1.0	1200	110000	23
実施例199	3	1.0	1200	109000	23
実施例200	7	1.0	1200	109000	30
実施例201	11	1.0	1200	85000	59
実施例202	20	1.0	1200	79000	66

実施例203～207

ニオブインゴット1000gをSUS304製の反応容器に入れ、400°Cで
 5 10時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊をSUS製ボ
 ールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。次に、得ら
 れた水素化物を水で20体積%のスラリーとし、ジルコニアボールと共に、
 SUS304製のスパイクミルに入れ、7時間湿式粉碎した。このスラリー
 を遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を $1.3 \times$
 10²Pa、50°Cの条件で減圧乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.$
 3×10^{-2} Pa、400°Cで1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の
 平均粒径は $1.0 \mu\text{m}$ であった。このニオブ粉に、平均粒径が約 $1 \mu\text{m}$ の酸化
 ランタン、蔥酸ランタン、水素化ランタン、硝酸ランタン、またはランタン
 (金属)のいずれか1種を任意の割合で混合した。この様にして得られた、
 15 ランタンを含有するニオブ粉を 4×10^{-3} Paの減圧下、1050°Cで造粒した。
 その後、造粒塊を解碎し、平均粒径 $90 \mu\text{m}$ の造粒粉を得た。このようにして得られた、ランタンを含有するニオブ造粒粉を $0.3\text{mm}\phi$ のニオブ線と共に

に成型し、およそ $0.3\text{ cm} \times 0.18\text{ cm} \times 0.45\text{ cm}$ の成型体（約0.1g）を作製した。次にこれらの成型体を $4 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ の減圧下、 1250°C で30分放置することにより焼結体を得た。得られた焼結体を、0.1%リン酸水溶液中で、 80°C の温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘電体層を形成した。この後、30%硫酸中の容量と、20%リン酸水溶液中のLCを各々測定した。その結果を表25に示す。

表25

	ランタン種	ランタン含有量 (モル%)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
実施例203	酸化ランタン	0.5	109000	29
実施例204	塩酸ランタン	1.2	112000	23
実施例205	水素化ランタン	3.5	113000	22
実施例206	硝酸ランタン	0.8	108000	29
実施例207	ランタン	1.1	108000	26

実施例208～212

10 ランタン含有ニオブ窒化物を得るために、実施例154と同様な方法で作製したランタンを0.9モル%含む平均粒径 $0.9\mu\text{m}$ のランタン含有ニオブ粉10gをSUS304製の反応容器に入れ、 300°C で0.5時間～20時間窒素を導入し続けて、ランタン含有ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、15 別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.02～0.81質量%であった。

このようにして得られた、ランタン含有ニオブ窒化物を実施例154と同様な操作で造粒、成型、焼結し、得られた焼結体を0.1%リン酸水溶液中で、 80°C の温度で200分間、20Vの電圧で化成することにより、表面に誘

電体層を形成した。この後、30%硫酸中での容量と、20%リン酸水溶液中でのLCを各々測定した。その結果を表26に示す。

表26

	ランタン含有量 (モル%)	窒素含有量 (質量%)	容量 ($\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$)	LC ($\mu\text{A/g}$)
実施例208	0.9	0.02	120000	29
実施例209	0.9	0.12	122000	19
実施例210	0.9	0.26	121000	19
実施例211	0.9	0.45	124000	23
実施例212	0.9	0.81	120000	24

5 実施例213～215

ランタン含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなる焼結体を得るために実施例154と同様な方法でランタンを10モル%含む、平均粒径1.0 μm のランタン含有ニオブ粉を得た。

これとは別に、ニッケル製坩堝中、80℃で充分に減圧乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム2000gにナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの10倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下1000℃で20時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、95%硫酸、水で順次洗浄した後に減圧乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのポールミルを用いて40時間粉碎した後、粉碎物を50%硝酸と10%過酸化水素水の3:2(質量比)混合液中に浸漬攪拌した。その後、pHが7になるまで充分水洗して不純物を除去し、減圧乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は1.2 μm であった。

このようにして得られた、ランタン含有ニオブ粉とニオブ粉を表27に示す割合で充分に混合し、実施例154と同様な方法で造粒、成型、焼結を行

って焼結体を得た。この焼結体について容量、LCを各々測定した。その結果を表27に示す。

実施例216～218

5 ランタン含有ニオブ粉とニオブ粉の混合物からなるランタン含有ニオブ窒化物の焼結体を得るために実施例1と同様な方法でランタンを10モル%含む、平均粒径 $1.0\mu\text{m}$ のランタン含有ニオブ粉を得た。これとは別に、ニオブインゴット50gをSUS304製の反応容器に入れ、400℃で12時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を、鉄製ポールを入れたSUS304製のポットに入れ10時間粉碎した。さらに、この粉碎物を前述したSUS304製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS304製のスパイクミルに、この水素化物を水で20体積%のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ6時間湿式粉碎した。

このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。
15 粉碎物を $1.3\times 10^2\text{Pa}$ 、50℃の条件で減圧乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を $1.33\times 10^{-2}\text{Pa}$ の減圧下、400℃で1時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は $1.1\mu\text{m}$ であった。

20 このようにして得られた、ランタン含有ニオブ粉とニオブ粉を任意の割合で充分に混合し、実施例210と同様な方法で窒化物を得た後、造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この焼結体について容量、LCを各々測定した。その結果を表27に示す。

表27

	混合比 (ランタン含有ニオブ粉:ニオブ粉)	容量 (μF·V/g)	LC (μA/g)
実施例213	90:10	91000	41
実施例214	50:50	102000	30
実施例215	10:90	108000	22
実施例216	80:20	94000	34
実施例217	40:60	102000	25
実施例218	20:80	108000	19

実施例219～220

実施例219は実施例154と、実施例220は実施例182と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、6時間電解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60%硝酸マンガン水溶液に浸漬後220℃で30分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均($n=各50個$)を表28に示す。なお、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

15 実施例221～実施例222

実施例221は実施例159と、実施例222は実施例204と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、6時間電解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、35%酢酸鉛水溶液と35%過硫酸アンモニウム

水溶液の1：1（容量比）混合液に浸漬後、40°Cで1時間反応させることを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に他方の電極層として二酸化鉛と硫酸鉛の混合層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、
5 チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表28に示す。なお、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

実施例223～226

10 実施例223は実施例167と、実施例224は実施例189と、実施例225は実施例211と、実施例226は実施例215と、それぞれ同様な方法で得た焼結体を各50個用意した。これらの焼結体を20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、6時間電解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液
15 とアントラキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極（対極）を形成した。

引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表28に示す。なお、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。

実施例227～231

25 実施例227は実施例170と、実施例228は実施例191と、実施例229は実施例205と、実施例230は実施例210と、実施例231は

実施例 218 と、同様な方法で得た焼結体を各 50 個用意した。これらの焼結体を 20 V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、6 時間电解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、このニオブ焼結体を、過硫酸アンモニウム 2.5 質量% を含む水溶液（溶液 1）に浸漬した後引き上げ、80 °C で 30 分乾燥させ、次いで誘電体を形成した焼結体を、3, 4-エチレンジオキシチオフェン 1.8 質量% を含むイソプロパノール溶液（溶液 2）に浸漬した後引き上げ、60 °C の雰囲気に 10 分放置することで酸化重合を行った。これを再び溶液 1 に浸漬し、さらに前記と同様に処理した。溶液 1 に浸漬してから酸化重合を行うまでの操作を 8 回繰り返した後、50 °C の温水で 10 分洗浄を行い、100 °C で 30 分乾燥を行うことにより、導電性のポリ（3, 4-エチレンジオキシチオフェン）からなる他方の電極（対極）を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と LC 値の平均（n=各 50 個）を表 28 に示す。なお、LC 値は室温で 6.3 V、1 分間印加した時の値である。

比較例 40～42

ニッケル製坩堝中、80 °C で充分に減圧乾燥したフッ化ニオブ酸カリウム 2000 g にナトリウムをフッ化ニオブ酸カリウムの 10 倍モル量を投入し、アルゴン雰囲気下 1000 °C で 20 時間還元反応を行った。反応後冷却させ、還元物を水洗した後に、9.5% 硫酸、水で順次洗浄した後に減圧乾燥した。さらにシリカアルミナボール入りのアルミナポットのポールミルを用いて 40 時間粉碎した後、粉碎物を 50% 硝酸と 10% 過酸化水素水の 3 : 2 (質量比) 混合液中に浸漬攪拌した。その後、pH が 7 になるまで充分水洗して不純物を除去し、減圧乾燥した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1.3 μm であ

った。この様にして得られた、ニオブ粉 30 g をSUS304 製の反応容器に入れ、300°Cで 0.5 ~ 4 時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求める LECO 社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、
5 0.02 ~ 0.30 質量% であった。このニオブ窒化物を実施例 154 と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体 50 個について、20V の電圧で、0.1% リン酸水溶液を用い、6 時間電解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、60% 硝酸マンガン水溶液に浸漬後 220°C で 30 分加熱することを繰り返して、誘電体酸化皮膜上に
10 他方の電極層として二酸化マンガン層を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量と LC 値の平均 (n= 各 50 個) を表 28 に示す。なお、LC 値は室温で 6.3V、1 分間印加した時の値である。

15

比較例 43 ~ 45

ニオブインゴット 50 g をSUS304 製の反応容器に入れ、400°C で 12 時間水素を導入し続けた。冷却後、水素化されたニオブ塊を鉄製ボールを入れた SUS304 製のポットに入れ 10 時間粉碎した。さらに、この粉
20 碎物を前述した SUS304 製反応器に入れ、再度、前述した条件で水素化した。次に、SUS304 製の湿式粉碎機（商品名「アトライタ」）に、この水素化物を水で 20 体積% のスラリーにしたもの及びジルコニアボールを入れ 6 時間湿式粉碎した。このスラリーを遠心沈降の後、デカンテーションして粉碎物を取得した。粉碎物を 1.33×10^{-2} Pa の減圧下、50°C の条件
25 で減圧乾燥した。続いて、水素化ニオブ粉を 1.33×10^{-2} Pa の減圧下、400°C で 1 時間加熱し脱水素した。作製したニオブ粉の平均粒径は 1.0μ

mであった。ニオブ粉30gをSUS304製の反応容器に入れ、300℃で0.5～3時間窒素を導入し続けて、ニオブ窒化物を得た。この窒化物を熱電導度から窒素量を求めるLECO社製窒素量測定器を用いて窒素量を求め、別途測定した粉体の質量との比を窒化量としたところ、0.03～0.28質量%であった。
5 このニオブ窒化物を実施例154と同様の操作で造粒、成型、焼結を行って焼結体を得た。この様にして得た、焼結体50個について、20Vの電圧で、0.1%リン酸水溶液を用い、6時間電解酸化して、表面に誘電体酸化皮膜を形成した。次に、誘電体酸化被膜の上に、過硫酸アンモニウム10%水溶液とアントラキノンスルホン酸0.5%水溶液の等量混合液を接触させた後、ピロール蒸気を触れさせる操作を少なくとも5回行うことによりポリピロールからなる他方の電極を形成した。引き続き、その上に、カーボン層、銀ペースト層を順次積層した。次にリードフレームを載せた後、全体をエポキシ樹脂で封止して、チップ型コンデンサを作製した。このチップ型コンデンサの容量とLC値の平均（n=各50個）を表28に示す。なお、LC値は室温で6.3V、1分間印加した時の値である。
10
15

表28

	窒素含有量 (質量%)	容量 (μ F)	LC (μ A)	LCが100 μ A を越す個数
実施例219	---	486	15	0/50
実施例220	---	471	20	0/50
実施例221	---	482	16	0/50
実施例222	---	504	17	0/50
実施例223	---	480	18	0/50
実施例224	---	1012	109	0/50
実施例225	0.45	546	16	0/50
実施例226	---	488	15	0/50
実施例227	---	463	19	0/50
実施例228	---	937	119	0/50
実施例229	---	509	15	0/50
実施例230	0.26	532	12	0/50
実施例231	---	491	13	0/50
比較例40	0.02	398	47	4/50
比較例41	0.08	392	41	3/50
比較例42	0.30	383	40	0/50
比較例43	0.03	455	47	2/50
比較例44	0.15	444	43	0/50
比較例45	0.28	460	41	0/50

実施例232～238、比較例46～48

コンデンサの耐熱性を以下のように測定した。

5 表29に示した各実施例または各比較例で作成したコンデンサをそれぞれ50個を用意し、厚さ1.5mmの積層基板にハンダとともに搭載して230℃のリフロー炉を30秒かけて通過させ、これを3回繰り返した。

ここで、コンデンサは、リフロー炉通過時に約230℃×30秒×3回加熱され、実用的な熱履歴（例えば、基板の表面に実装した部品のハンダ付け、10 基板の裏面に実装した部品のハンダ付け、後付部品のハンダ付けを実施した場合の3回のハンダ付け熱履歴など）に対しての評価がなされる。

リフロー炉を通過させる前と3回通過した後のLC値を測定し、その平均

値及びその増加率（リフロー後のLC値／リフロー前のLC値）を表29に示した。本発明のコンデンサは、LC増加率が5倍以下、好ましくは3倍以下であり、リフロー後のLC値も100μAを越すものは無かった。

表29

	コンデンサ構成 陽極種／陰極種	チップ作成 実施例 (比較例)	リフロー 前 LC/後 LC (μA)	LC 増加 率	LC が 100 μA を越す 個数
実施例 232	Nb-W/MnO ₂	実施例 34	25/55	2.2 倍	0/50
実施例 233	Nb-B/MnO ₂	実施例 81	17/39	2.3 倍	0/50
実施例 234	Nb-B-Al/ポロピ ロール	実施例 86	23/51	2.2 倍	0/50
実施例 235	Nb-Re-Zn-Ge/ ポリチオフェン	実施例 148	14/35	2.3 倍	0/50
実施例 236	Nb-Y/PbO ₂	実施例 221	16/38	2.4 倍	0/50
実施例 237	Nb-La/ポリチオ フェン	実施例 230	12/30	2.5 倍	0/50
実施例 238	Nb-Nd/ポリチオ フェン	*1	21/39	1.9 倍	0/50
比較例 46	Nb/MnO ₂	比較例 40	47/277	5.9 倍	50/50
比較例 47	Nb/MnO ₂	比較例 42	40/208	5.2 倍	50/50
比較例 48	Nb/ポリピロール	比較例 45	41/209	5.1 倍	50/50

*1 実施例101と同様な方法で得た焼結体を用い、実施例148と同様にチップ型コンデンサを作成した。

請求の範囲

1. クロム、モリブデン、タングステン、ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム、タリウム、セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素、ビスマス、ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、
10 パナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含むことを特徴とするコンデンサ用ニオブ粉。
2. クロム、モリブデン、タングステンからなる群から選ばれた少なくとも
15 1種の元素を含む請求の範囲1記載のコンデンサ用ニオブ粉。
3. 少なくとも1種の元素が、タングステンである請求の範囲2記載のコンデンサ用ニオブ粉。
- 20 4. 少なくとも一種の元素が、クロム及びタングステンである請求の範囲2記載のコンデンサ用ニオブ粉。
5. ホウ素、アルミニウム、ガリウム、インジウム及びタリウムからなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含む請求の範囲1記載のコンデンサ用
25 ニオブ粉。

6. 少なくとも 1 種の元素が、ホウ素である請求の範囲 5 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

7. 少なくとも 1 種の元素が、アルミニウムである請求の範囲 5 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

8. セリウム、ネオジム、チタン、レニウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、亜鉛、珪素、ゲルマニウム、スズ、リン、砒素及びビスマスからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含む請求の範囲 1 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

9. レニウム、亜鉛、ヒ素、リン、ゲルマニウム、スズ及びネオジムからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含む請求の範囲 8 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

10. 少なくとも 1 種の元素が、レニウムである請求の範囲 9 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

11. 少なくとも 1 種の元素が、ネオジムである請求の範囲 9 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

12. 少なくとも 1 種の元素が、亜鉛である請求の範囲 9 記載のコンデンサ用ニオブ粉。

13. ルビジウム、セシウム、マグネシウム、ストロンチウム、バリウム、スカンジウム、イットリウム、ランタン、プラセオジム、サマリウム、ユ

ロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、バナジウム、オスミウム、イリジウム、白金、金、カドミウム、水銀、鉛、セレン及びテルルからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む請求の範囲1記載のコンデンサ用ニオブ粉。

14. ランタン、イットリウム、エルビウム、イッテルビウム及びルテチウムからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む請求の範囲13記載のコンデンサ用ニオブ粉。

10

15. 少なくとも1種の元素が、ランタンである請求の範囲14記載のコンデンサ用ニオブ粉。

15

16. 少なくとも1種の元素が、イットリウムである請求の範囲14記載のコンデンサ用ニオブ粉。

17. 元素が、ニオブ粉中10モル%以下の量含まれている請求の範囲1乃至16のいずれか1項に記載のニオブ粉。

20

18. 元素が、ニオブ粉中0.01~10モル%の量含まれている請求の範囲17記載のニオブ粉。

19. 元素が、ニオブ粉中0.1~7モル%の範囲で含まれている請求の範囲18記載のニオブ粉。

25

20. ニオブ粉の平均粒径が、 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ ~ $5\text{ }\mu\text{m}$ の範囲である請求の範囲1

乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載のニオブ粉。

21. ニオブ粉の平均粒径が、 $0.2 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ の範囲である請求の範囲 2
0 記載のニオブ粉。

5

22. ニオブ粉の BET 比表面積が、 $0.5 \sim 40 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲である請求の
範囲 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載のニオブ粉。

23. ニオブ粉の BET 比表面積が、 $1 \sim 20 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲である請求の
範囲 2 2 に記載のニオブ粉。

24. さらに、窒素、炭素、ホウ素及び硫黄元素からなる群より選ばれる少
なくとも 1 種の元素を含む請求の範囲 2、3、4、7、8、9、10、11、
12、13、14、15 及び 16 のいずれか 1 項に記載のニオブ粉。

15

25. さらに、窒素、炭素及び硫黄元素からなる群より選ばれる少なくとも
1 種の元素を含む請求の範囲 5 または 6 に記載のニオブ粉。

26. 窒素、炭素、ホウ素及び硫黄の元素からなる群より選ばれる少なくと
も 1 種の元素の含有量が、 $200,000 \text{ p.p.m.}$ 以下である請求の範囲 2 4 または
2 5 に記載のニオブ粉。

27. 窒素、炭素、ホウ素及び硫黄の元素からなる群より選ばれる少なくと
も 1 種の元素の含有量が、 $50 \text{ p.p.m.} \sim 200,000 \text{ p.p.m.}$ である請求の範囲 2
6 に記載のニオブ粉。

28. 請求の範囲 1 乃至 27 のいずれか 1 項に記載のニオブ粉を造粒して得られる平均粒径が $10 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ のニオブ造粒物。

29. 平均粒径が $30 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$ である請求の範囲 28 記載のニオブ
5 造粒物。

30. 請求の範囲 1 乃至 27 のいずれか 1 項に記載のニオブ粉を焼結して得られる焼結体。

10 31. 請求の範囲 28 または 29 に記載のニオブ造粒物を焼結して得られる
焼結体。

32. 請求の範囲 30 または 31 に記載のニオブ焼結体を一方の電極とし、
前記焼結体表面上に形成された誘電体と、前記誘電体上に設けられた他方の
15 電極とから構成されるコンデンサ。

33. 誘電体の主成分が酸化ニオブである請求の範囲 32 に記載のコンデン
サ。

20 34. 酸化ニオブが、電解酸化により形成されたものである請求の範囲 33
に記載のコンデンサ。

35. 他方の電極が、電解液、有機半導体及び無機半導体からなる群より選
ばれる少なくとも 1 種の材料である請求の範囲 32 に記載のコンデンサ。

25

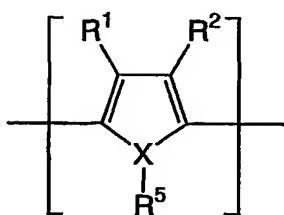
36. 他方の電極が有機半導体からなり、該有機半導体がベンゾピロリン 4

量体とクロラニルからなる有機半導体、テトラチオテトラセンを主成分とする有機半導体、テトラシアノキノジメタンを主成分とする有機半導体及び導電性高分子からなる群より選ばれる少なくとも1種の材料である請求の範囲32に記載のコンデンサ。

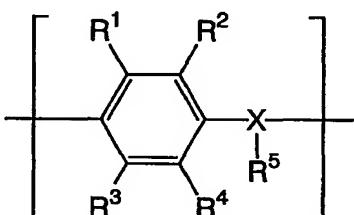
5

37. 導電性高分子が、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン及びこれらの置換誘導体から選ばれる少なくとも1種である請求の範囲36に記載のコンデンサ。

10 38. 導電性高分子が、下記一般式(1)または一般式(2)



(1)



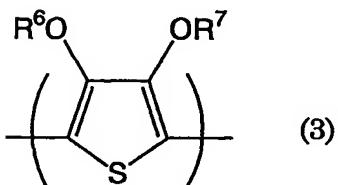
(2)

(式中、R¹～R⁴は、互いに同一であっても相違してもよく、各々水素原子、炭素数1～10の直鎖もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、アルコキシ基あるいはアルキルエステル基、ハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基、1級、2級もしくは3級アミノ基、CF₃基、フェニル基及び置換フェニル基からなる群から選ばれる一価基を表わす。R¹とR²及びR³とR⁴の炭化水素鎖は互いに任意の位置で結合して、かかる基により置換を受けている炭素原子と共に少なくとも1つ以上の3～7員環の飽和または不飽和炭化水素の環状構造を形成する二価鎖を形成してもよい。前記環状結合鎖には、カルボニル、エーテル、エステル、アミド、スルフィド、スルフィニル、スルホニル、イミノの結合を任意の位置に含んでもよい。Xは酸素、硫黄また

は窒素原子を表わし、R⁵はXが窒素原子の時のみ存在して、独立して水素原子または炭素数1～10の直鎖もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基を表わす。)で示される繰り返し単位を含む重合体に、ドーパントをドープした導電性高分子である請求の範囲3～6に記載のコンデンサ。

5

3.9. 導電性高分子が、下記一般式(3)



(式中、R⁶及びR⁷は、互いに同一であっても相違してもよく、各々水素原子、炭素数1～6の直鎖状もしくは分岐状の飽和もしくは不飽和のアルキル基、または該アルキル基が互いに任意の位置で結合して、2つの酸素原子を含む少なくとも1つ以上の5～7員環の飽和炭化水素の環状構造を形成する置換基を表わす。また、前記環状構造には置換されていてもよいビニレン結合を有するもの、置換されていてもよいフェニレン構造のものが含まれる。)で示される繰り返し単位を含む導電性高分子である請求の範囲3～8記載のコンデンサ。

4.0. 前記一般式(3)で示される繰り返し単位を含む導電性高分子が、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)である請求の範囲3～9記載のコンデンサ。

20

4.1. 他方の電極が、層状構造を有する有機半導電体からなる請求の範囲3～6記載のコンデンサ。

4 2. 他方の電極が、有機スルホン酸アニオンをドーパントとして含んだ有機半導体材料である請求の範囲 3 6 記載のコンデンサ。

5 4 3. ニオブ粉を、液体窒化、イオン窒化、及びガス窒化の方法からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする請求の範囲 2 4 または 2 5 に記載の窒素を含むニオブ粉の製造方法。

10 4 4. ニオブ粉を、ガス炭化、固相炭化、及び液体炭化の方法からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする請求の範囲 2 4 または 2 5 に記載の炭素を含むニオブ粉の製造方法。

15 4 5. ニオブ粉を、ガスホウ化、及び固相ホウ化の方法からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする請求の範囲 2 4 記載のホウ素を含むニオブ粉での製造方法。

4 6. ニオブ粉を、ガス硫化、イオン硫化、及び固相硫化の方法からなる群より選ばれた少なくとも 1 種の方法により表面処理することを特徴とする請求の範囲 2 4 または 2 5 記載の硫黄を含むニオブ粉の製造方法。

20

4 7. 請求の範囲 3 2 乃至 4 2 のいずれか 1 項に記載のコンデンサを使用した電子回路。

25 4 8. 請求の範囲 3 2 乃至 4 2 のいずれか 1 項に記載のコンデンサを使用した電子機器。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01G 9/042, H01G 9/052

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01G 9/042, H01G 9/052

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 48-25859 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 04 April, 1973 (04.04.73), page 2 (Family: none)	1-17,30, 32-35
Y		24-26,36-43, 47-48
X	JP 63-216901 A (Cabot Corporation), 09 September, 1988 (09.09.88), Claims	1-17,30,32-35
Y	& US 004722756 A1 & GB 002201427 A & FR 002611368 A & DE 003737016 A & ES 002006217 A	24-26,36-43, 47-48
X	JP 60-152016 A (Hermann C. Starck Berlin), 10 August, 1985 (10.08.85), Claims; working example 2	1-17,30,32-35
Y	& DE 003336453 A & GB 002147611 A & US 004548672 A1	24-26,36-43, 47-48

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "B" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 31 October, 2001 (31.10.01)	Date of mailing of the international search report 13 November, 2001 (13.11.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Faxsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06857

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-340831 A (Nippon Chemi-Con Corporation), 22 December, 1998 (22.12.98), Claims (Family: none)	36-40
Y	JP 2000-188243 A (Showa Denko K.K.), 04 July, 2000 (04.07.00), Par. No. [0006] & WO 00/036617 A1 & AU 001684600 A	24-26, 43
Y	JP 2000-12394 A (Showa Denko K.K.), 14 January, 2000 (14.01.00), Claims; Par. Nos. [0115], [0209] & WO 99/028932 A1 & EP 000971382 A1 & CN 001297569	41, 42
Y	JP 2000-91165 A (Vishay Sprague, Inc.), 31 March, 2000 (31.03.00), Par. No. [0016] & US 006010660 A1 & EP 000984469 A2	47-48
A	JP 56-45015 A (Fujitsu Limited), 24 April, 1981 (24.04.81) (Family: none)	1-48

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C1' H01G 9/042, H01G 9/052

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C1' H01G 9/042, H01G 9/052

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 48-25859 A (松下電器産業株式会社), 4. 4 月. 1973 (04. 04. 73), 第2頁 (ファミリーなし)	1-17, 30, 32 -35
Y		24-26, 36-4 3, 47-48
X	J P 63-216901 A (キャボット コーポレーション), 9. 9月. 1988 (09. 09. 88), 特許請求の範 囲, & US 004722756 A1&GB 00220142 7 A&FR 002611368 A&DE 00373701 6 A&ES 002006217 A	1-17, 30, 32 -35
Y		24-26, 36-4 3, 47-48

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「Q」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 31. 10. 01	国際調査報告の発送日 13.11.01
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 大澤 孝次 (印) 5R 7924 電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C(続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X	JP 60-152016 A (ヘルマン・ツェー・タルク・ペルリン), 10. 8月. 1985 (10. 08. 85), 特許請求の範囲, 実施例2, &DE 003336453 A&GB 002147611 A&US 004548672 A1	1-17, 30, 32-35
Y	JP 10-340831 A (日本ケミコン株式会社), 22. 12月. 1998 (22. 12. 98), 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	24-26, 36-43, 47-48
Y	JP 2000-188243 A (昭和電工株式会社), 4. 7月. 2000 (04. 07. 00), [0006], &WO 00/036617 A1&AU 001684600 A	24-26, 43
Y	JP 2000-12394 A (昭和電工株式会社), 14. 1月. 2000 (14. 01. 00), 特許請求の範囲, [0115], [0209], &WO 99/028932 A1&EP 000971382 A1&CN 001297569	41, 42
Y	JP 2000-91165 A (ヴィシャイ スプレイグ, インコーポレイテッド), 31. 3月. 2000 (31. 03. 00) [0016], &US 006010660 A1&EP 000984469 A2	47-48
A	JP 56-45015 A (富士通株式会社), 24. 4月. 1981 (24. 04. 81) (ファミリーなし)	1-48